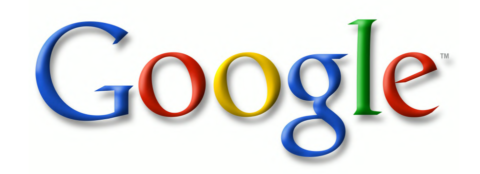






ANNALES

AGRONOMIQUES

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2

#

ANNALES AGRONOMIQUES

PUBLIÉES SOUS LES AUSPICES DU

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DU COMMERCE

(Direction de l'Agriculture)

PAR

M. P.-P. DEHÉRAIN

DOCTEUR ÈS SCIENCES, LAURÉAT DE L'INSTITUT,
PROFESSEUR A L'ÉCOLE D'AGRICULTURE DE GRIGNON, AIDE-NATURALISTE AU MUSÉUM
D'HISTOIRE NATURELLE

TOME PREMIER

PARIS

G. MASSON, ÉDITEUR

LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

PLACE DE L'ÉCOLE DE MÉDECINE

1875

ANNALES AGRONOMIQUES

AVERTISSEMENT

Les *Annales agronomiques* sont destinées à réunir les mémoires, les recherches émanant des écoles d'agriculture, des stations agronomiques, qui, disséminés jusqu'à présent dans nombre de publications différentes, n'ont pas eu, faute d'un organe spécial, toute l'utilité qu'on en devait attendre.

Nous donnerons, naturellement, dans ce recueil fondé par l'Administration de l'Agriculture, la plus large place aux travaux français, mais nous nous efforcerons cependant de faire connaître également les recherches publiées à l'étranger; c'est ainsi qu'on trouvera dans ce premier numéro le résumé de mémoires anglais et allemands spécialement traduits pour les *Annales*.

Notre but est de réunir aussi complétement qu'il nous sera possible tous les travaux scientifiques qui touchent à l'agriculture. L'accueil que nos confrères ont fait à la nouvelle publication nous promet déjà le succès, et nous sommes certain aujourd'hui de remplir utilement nos colonnes, bien que nous ayons l'intention formelle de

repousser tout exposé de système non appuyé d'observations sérieuses, toute polémique, toute critique non basée sur des faits nouveaux, car c'est seulement par l'accumulation d'observations précises que la science agricole s'avancera résolûment dans la voie du progrès.

Nous espérons que cette allure un peu sévère n'effrayera pas le public agricole; si nous procédons par la voie régulière de l'expérimentation, si nos colonnes ne renferment que des travaux scientifiques, ils seront tous dirigés vers ce but unique, le progrès de l'agriculture. Sans doute, on accuse parfois les savants de s'attarder dans des recherches de science pure; mais des exemples récents ont montré qu'il ne faut pas se hâter de condamner les travaux qui, au premier abord, paraissent les plus éloignés d'être utiles à l'agriculture; c'est seulement parfois à l'aide des investigations les plus délicates, des méthodes les plus précises dont la connaissance ne s'acquiert que par de longues études théoriques, que les savants arrivent à résoudre les questions qui touchent aux intérêts les plus pressants des praticiens.

Le temps n'est plus où chaque contrée, s'isolant de sa voisine, se contentait de produire les denrées nécessaires à sa consommation; les conditions nouvelles de libre circulation ont métamorphosé nos fermes en usines où l'ignorance entraîne la ruine; pour réussir il faut savoir. Notre agriculture n'arrivera à tout son développement que guidée, conseillée par la science; c'est à celle-ci de marcher en avant, de surmonter les obstacles, d'aplanir la voie, de l'éclairer et de la rendre d'un parcours assez facile pour qu'on n'hésite pas à l'y suivre : trouver, répandre, appliquer, telle est la devise du savant qui se voue aux études agronomiques.

P.-P. D.

LES ENGRAIS CHIMIQUES ET LA BETTERAVE

RECHERCHES AGRICOLES FAITES A HOUDAIN (PAS-DE-CALAIS)

PAR

MM. B. CORENWINDER ET H. WOUSSEN.

La question de l'amélioration des betteraves dans le but d'accroître leur richesse saccharine est une de celles qui s'imposent aux recherches des chimistes et des praticiens qui s'occupent de l'industrie sucrière.

Personne n'ignore que l'un des moyens essentiels de réaliser cette amélioration consiste dans le choix des variétés. Les procédés, les conditions de sélection des betteraves sont aujourd'hui parfaitement connus, et si les fabricants de sucre ne parviennent pas à les faire adopter par les cultivateurs, c'est parce qu'il existe entre eux et ces derniers un antagonisme regrettable qui nuit aux intérêts de l'une et de l'autre partie.

Indépendamment de cette influence capitale de la sélection, on doit en attribuer une aussi à l'emploi judicieux des engrais. Depuis longtemps on savait que certaines matières fertilisantes, surtout lorsqu'on les utilise d'une manière irrationnelle et qu'on en abuse, poussent au développement exagéré de ces racines, qui dès lors sont pauvres en sucre. L'un de nous a insisté, dans des publications précédentes, sur les engrais qui sont plus favorables à la betterave, et il a indiqué les moyens de profiter même de ceux qui étaient classés parmi les plus nuisibles.

Depuis deux ou trois années, l'emploi du nitrate de soude comme matière fertilisante a pris un développement considérable. Ayant remarqué que cette matière favorise singulièrement la croissance des betteraves, les cultivateurs l'ont prise en grande faveur; ils en ont utilisé des quantités exagérées, qui font grossir les racines outre mesure, les rendent impropres à la fabrication du sucre, nuisibles à la distillerie : aussi l'existence même de ces industries serait-elle mise en question, si les producteurs de betteraves n'apportaient pas

sans retard une réforme dans le mode d'utilisation de ce nouvel engrais.

C'est pourquoi nous avons entrepris dès 1873 des expériences agricoles dans le but de connaître l'influence du nitrate de soude sur l'accroissement des betteraves; de déterminer si, comme on pouvait le craindre, ce sel augmente la proportion des substances salines; s'il nuit à la production de la matière sucrée; et quelle quantité on peut en utiliser sans dommage pour la qualité de ces racines.

Le nitrate de soude étant un sel qui ne contient comme principe fertilisant que l'azote, il était essentiel surtout de rechercher si l'effet en est accru par l'addition des matières complémentaires de l'engrais normal, tels que phosphates rendus assimilables par l'acide sulfurique, sels de potasse, etc.

Les résultats de ces premières recherches ont été publiés dans les bulletins de la station agronomique de Lille; nous croyons devoir les reproduire afin de les comparer avec ceux que nous avons obtenus en 1874.

BETTERAVES CULTIVÉES A HOUDAIN (PAS-DE-CALAIS) EN 1873.

Nos d'ordre.	DÉSIGNATION DES ENGRAIS. Quantités rapportées à l'hectare.	RENDEMENTS par hectare.	DENSITÉ des jus à la température de 15°	SUCRE dans un décilit. de jus.	CENDRES sulfatées dans un décilit. de jus.	COEFFICIENTS salins (rapports du sucre aux cendres).
		kilos.				
1	Sans aucun engrais........	25 066	6°30	14gr 30[1]	0gr 738	19.30
2	600k nitrate de soude......	33 733	5°60	11 69	0 990	11.88
3	500k sulfate d'ammoniaque .	28 722	5°98	12 54	0 882	14.20
4	600k nitrate de soude.......	34 366	6°21	13 22	0 918	14.30
5	500k sulfate d'ammoniaque..	29 877	6°40	13 49	0 792	17.03
6	600k nitrate de soude, 150 phosphate fossile, 60 sulfate de potasse..........	35 822	5°70	12 32	0 855	14.40
7	500k sulfate d'ammoniaque, 150 phosphate fossile, 60 sulfate de potasse........	31 433	6°54	13 93	0 855	16.20
8	500k sulfate d'ammoniaque, 150 phosphate fossile, 60 sulfate de potasse, 140 chlorure de potassium.	38 333	6°53	14 57	0 801	18.10
9	400k nitrate de soude, 200 nitrate de potasse, 400 superphosphate, 300 plâtre.	41 777	6°52	14 43	0 729	19.80

[1] On avait semé de la graine provenant de betteraves améliorées par une sélection judicieuse.

Nous avons tiré l'an dernier les conclusions qui résultent de ces expériences. Nous n'y reviendrons pas. Nous insisterons seulement sur le fait capital que nous a présenté la parcelle n° 9, dans laquelle on avait substitué le phosphate rendu soluble par l'acide sulfurique, au phosphate fossile finement pulvérisé avec des meules. On voit que dans cette parcelle on a obtenu non-seulement un rendement beaucoup plus élevé, mais surtout des betteraves fort riches ayant un coefficient salin peu ordinaire.

Comme les résultats acquis par une première observation ne peuvent jamais servir de règle, surtout en matière agricole, à cause des circonstances nombreuses qui sont de nature à les modifier, nous avons jugé à propos de recommencer l'an dernier des expériences analogues avec des engrais chimiques employés sensiblement dans les mêmes proportions.

A cet effet, un champ bien exposé en pleine campagne a été partagé en autant de parcelles de dix ares que nous avions d'espèces d'engrais composés à essayer. Ce champ avait une constitution homogène et avait été cultivé d'un seul tenant les années précédentes, de telle sorte que pour toutes les parcelles, l'arrière-fumure était uniforme. Il a reçu les mêmes façons dans toute son étendue; les divers engrais ont été appliqués le même jour à chacune des parcelles, en deux fois; la première moitié a été enfouie par le labour; la seconde, répandue à la surface, a été recouverte plus légèrement par la herse.

La récolte des betteraves a eu lieu le même jour. On a pesé séparément et avec soin les produits des parcelles respectives, puis on a prélevé dans chacune d'elles un nombre suffisant de racines choisies dans les moyennes pour en faire les analyses.

Les résultats de ces recherches sont consignés dans le tableau suivant. Les quantités d'engrais et les rendements ont été rapportés à l'hectare pour mieux fixer les idées.

BETTERAVES CULTIVÉES A HOUDAIN (PAS-DE-CALAIS) EN 1874.

Nos d'ordre	DÉSIGNATION DES ENGRAIS. Quantités rapportées à l'hectare (1).	RENDEMENTS par hectare.	DENSITÉS des jus à la température de 15°	SUCRE dans un décilit. de jus.	CENDRES sulfatées dans un décilit. de jus.	COEFFICIENTS salins (rapports du sucre aux cendres).
		kilos.				
1	Sans engrais.............	37 950	6°	12gr77	0gr900	14.20
2	500k sulfate d'ammoniaque, 200 chlorure de potassium, 240 phosphate fossile....	53 437	5°65	11 46	0 936	12.20
3	500k sulfate d'ammoniaque, 240 sulfate de potasse, 240 phosphate fossile........	52 800	5°43	11 06	0 873	12.67
4	600k nitrate de soude seul..	53 587	4°95	9 89	0 873	11.40
5	600k nitrate de soude, 200 chlorure de potassium, 240 phosphate fossile........	52 790	4°90	9 35	1 008	9.30
6	600k nitrate de soude, 200 chlorure de potassium, 400 superphosphate (2)......	56 250	5°72	11 69	0 873	13.30
7	400k nitrate de soude, 200 nitrate de potasse, 400 superphosphate...........	56 462	5°86	12 23	0 900	13.60
8	400k nitrate de soude, 400 superphosphate riche (3)...	54 975	5°84	12 59	0 810	15.50

En examinant les chiffres de ce tableau, on peut en tirer les conséquences suivantes :

1°. Le nitrate de soude seul a donné un rendement un peu supérieur à celui qu'on a obtenu avec ce sel additionné de chlorure de potassium et de phosphate fossile; mais les personnes habituées à ce genre de recherches savent qu'il ne faut pas tenir compte de si faibles différences qui peuvent dépendre de légères erreurs de contrôle. Toutefois il en résulte que la dépense en chlorure de potassium et en phosphate fossile a été complétement inutile.

2° Il n'en est pas de même du superphosphate, l'addition de ce sel plus facilement assimilable que le phosphate fossile a été avantageuse, puisque l'augmentation de poids a atteint le chiffre de 3500 k. environ par hectare.

Si l'on compare l'excédant dû cette année au superphosphate à celui qui a été obtenu l'année précédente à la faveur du même sel,

(1) Comme nous voulions apprécier l'effet produit par ces engrais exclusivement, nous les avons employés seuls. Lorsque, suivant l'usage, on a mis dans le sol du fumier, autant que possible avant l'hiver, il convient de réduire ces proportions d'engrais chimiques de moitié, si l'on ne veut pas s'exposer à produire des betteraves volumineuses et conséquemmment pauvres en sucre.

(2) Contenant 10 à 11 pour 100 d'acide phosphorique soluble.

(3) Contenant 17 pour 100 d'acide phosphorique soluble.

on voit qu'antérieurement l'avantage a été plus prononcé ; mais il faut considérer que dans la première expérience la terre était plus pauvre, puisque le rendement sans engrais ne s'est élevé qu'à 25 000 k. environ, tandis qu'il a atteint, dans la seconde, le chiffre de 38 000 k. à peu près. Le superphosphate paraît donc plus efficace dans les sols pauvres que dans ceux qui ont plus de valeur. Ce qui confirme cette proposition, c'est que ce sel est de nul effet dans les terres qui ont un haut degré de fertilité acquise, ainsi que l'un de nous l'a constaté à plusieurs reprises dans l'arrondissement de Lille.

Ces résultats sont conformes aux lois naturelles de l'agriculture. Il importe aux cultivateurs d'en tenir compte, lorsqu'ils ont à apprécier les engrais qui doivent convenir plus particulièrement à leurs terres.

Ce qui prouve que c'est bien à l'acide phosphorique qu'il faut attribuer les avantages que nous venons de signaler, c'est qu'en employant dans la parcelle n° 8 du superphosphate plus riche en acide phosphorique soluble que le précédent, nous avons pu remplacer 200 k. de nitrate de soude par 400 k. de ce superphosphate supérieur et réaliser un avantage marqué *sans augmenter la dépense en engrais*. Ce résultat nous paraît de la plus haute importance pour l'industrie sucrière, qui redoute avec raison l'invasion du nitrate de soude dans la culture des betteraves, à cause de l'abus que les cultivateurs ont fait l'année dernière de ce nouvel engrais, abus qui n'a pas peu contribué aux dommages ruineux que cette industrie vient d'éprouver. Nous reviendrons sur ce sujet.

Quant aux rendements dus au sulfate d'ammoniaque, ils ont été les mêmes que ceux dépendant du nitrate de soude seul ou de ce dernier accompagné des sels désignés dans la ligne n° 5. L'effet du sulfate d'ammoniaque est fort variable, suivant les circonstances atmosphériques. Tout le monde sait qu'il ne faut pas l'abandonner à la surface du sol, où il est exposé à l'action du soleil.

L'année précédente, cet engrais nous avait donné des résultats moins favorables que le nitrate de soude, parce que, la levée des betteraves ayant manqué, il a fallu labourer pour ressemer.

Si nous considérons maintenant les résultats de nos essais au point de vue de la richesse saccharine des betteraves et de leur état de pureté, nous voyons :

1° Que le sulfate d'ammoniaque a donné des betteraves notable-

ment plus riches en sucre que le nitrate de soude. Si l'on compare à ce sujet le lot n° 2 au lot n° 5, on voit que dans le jus des premières il y avait environ 2 p. 100 de sucre en plus et sensiblement moins de sels. Cette supériorité du sulfate d'ammoniaque s'est manifestée déjà dans nos essais de l'année antérieure, ainsi qu'on peut le voir dans le premier tableau.

Nous avons fait encore d'autres essais avec ce même sel, les résultats en ont été inattendus, et ils seraient fort intéressants, s'ils se confirmaient. Nous les passons sous silence cette fois, voulant les renouveler avant d'en tirer des conséquences qui seraient peut-être prématurées aujourd'hui.

En ce qui concerne le nitrate de soude, nous voyons que, soit isolément, soit dans son association avec du chlorure de potassium et du phosphate fossile, il a fourni les betteraves les plus pauvres en sucre de tout le champ. Le chlorure de potassium a été fort nuisible notamment en augmentant la proportion des matières minérales : aussi le coefficient salin du jus des betteraves récoltées dans la parcelle n° 5 est-il le plus faible de tous.

Cette année encore (c'est le fait capital qui résulte de nos recherches) l'influence du superphosphate sur la production du sucre a été fort prononcée. Les betteraves qui avaient eu ce sel à leur disposition contenaient de 2 à 3 pour 100 de sucre en plus que celles qui n'avaient reçu que du nitrate seul ou mélangé de phosphate inerte. Ces résultats concordants confirment donc une loi importante de la physique végétale et apportent à l'industrie sucrière un enseignement qui peut être pour elle un élément de succès.

Toutefois nous devons faire ici une réserve, c'est qu'il ne faudrait pas conclure de ces expériences que le superphosphate exerce une action aussi favorable dans tous les terrains où on pourrait l'employer. Il est évident que si le sol est pourvu, en raison de sa fertilité acquise, d'une dose de phosphate assimilable suffisante, l'excès ajouté sera sans effet sur les betteraves et elles n'en éprouveront aucune amélioration. C'est ce qui résulte de tous les essais effectués dans les terrains riches, notamment dans l'arrondissement de Lille.

Néanmoins, comme, même dans les pays civilisés, les terres stériles ou de fertilité médiocre sont plus abondantes que celles qui ont été soumises depuis longtemps à la culture intensive, nos observations trouveront leur application en bien des circonstances. En tous cas les cultivateurs intelligents et les fabricants de sucre seront

conduits dorénavant à faire l'essai des superphosphates dans leurs cultures, puisque ces sels sont favorables à leurs intérêts respectifs.

Ce qui prouve bien que ce sont les phosphates désagrégés par l'action chimique qui favorisent la sécrétion du sucre dans la betterave, c'est le résultat obtenu dans la parcelle n° 8, dans laquelle on a remplacé 200 kilog. de nitrate de soude par 400 kilog. de superphosphate riche, contenant environ 17 pour 100 d'acide phosphorique soluble. On remarque que le mélange indiqué a donné non-seulement plus de rendement que le nitrate de soude pris isolément, mais qu'il a fourni les betteraves les plus riches en sucre de tout le champ et possédant le coefficient salin le plus élevé.

Cette acquisition expérimentale est de la plus haute importance. Elle nous paraît digne d'attirer l'attention des cultivateurs de betteraves et des industriels qui exploitent ces racines, car elle est de nature à concilier leurs intérêts respectifs, à diminuer l'état d'antagonisme qui les divise et qui met en question l'existence de la fabrication du sucre et de la distillerie.

Ce dernier résultat a été confirmé cette année même par une autre expérience que nous avons effectuée dans un champ situé à quelques kilomètres du précédent. Une partie de ce champ a été fumée avec du nitrate de soude dans la proportion de 600 kilog. par hectare; dans l'autre, on a remplacé 200 kilog. de nitrate par 400 kilog. de superphosphate riche. La dépense n'a pas été augmentée par cette substitution, et nous estimons que la production de betteraves a été relativement supérieure dans la seconde. Malheureusement il ne nous a pas été possible d'établir le rendement avec certitude, parce qu'il y avait beaucoup de vides dans la partie fumée avec le nitrate de soude seul, la levée des betteraves ayant été incomplète. Nous avons dû nous borner à faire l'analyse des betteraves, opération qui a été effectuée sur un nombre suffisant de racines ayant sensiblement les mêmes dimensions.

Voici les chiffres trouvés :

DÉSIGNATION DES ENGRAIS.	COEFFICIENTS salins. (rapports du sucre aux cendres).	CENDRES dans un décilitre de jus.	SUCRE dans un décilitre de jus.	DENSITÉ des JUS.
Nitrate de soude seul............	11.7	0gr936	10gr91	5°5
Nitrate de soude et superphosphate.	17.1	0 756	12 .95	6°0

D'après ce qui précède, nous croyons que les fabricants sont autorisés à proscrire énergiquement les betteraves fumées avec du nitrate de soude isolément, surtout lorsqu'on en a employé une quantité exagérée.

Puisqu'il est prouvé que dans la majeure partie des cas on peut, sans augmenter la dépense d'engrais, remplacer avantageusement une forte partie de ce nitrate par du superphosphate, ce serait une duperie de la part des fabricants de ne pas imposer cette règle, et une inconséquence de la part des cultivateurs de ne pas s'y conformer.

Nous ajouterons même qu'il est du plus haut intérêt pour ces derniers de faire cette substitution. Le nitrate de soude est un engrais très-incomplet dont l'utilisation exclusive ne peut que dépouiller le sol de ses autres éléments utiles à l'accroissement des plantes, éléments qu'il importe de lui restituer, puisque la quantité n'en est pas inépuisable, même dans les champs les plus fertiles. Qu'on ne se le dissimule pas : le nitrate de soude occasionnera de grands dommages aux cultivateurs qui en feront un usage immodéré et exclusif. Déjà plusieurs exemples tendent à justifier cette proposition, et la science peut affirmer aujourd'hui son exactitude et sa légitimité.

Dans les tableaux précédents nous avons indiqué la totalité des matières minérales, et pour les obtenir rapidement nous avons, suivant l'usage, traité les jus par de l'acide sulfurique. Voulant donner à nos essais un caractère plus scientifique et découvrir, autant que possible, l'influence des engrais chimiques sur la composition de ces matières minérales, nous avons fait des analyses complètes des cendres obtenues par la combustion des jus des betteraves récoltées en 1873. Ces analyses sont longues et laborieuses, mais, ainsi qu'on le verra, elles présentent le plus grand intérêt.

On sait qu'il n'est pas possible d'incinérer directement du jus de betteraves à cause des alcalis qui couvrent la matière d'une sorte de vernis qui la préserve de l'action de l'oxygène. Il est essentiel, dans cette opération, de ne pas dépasser le rouge sombre, sous peine de volatiliser les chlorures et d'avoir conséquemment des résultats fautifs. Aussi avons-nous pris les précautions usitées par tous les chimistes expérimentés, c'est-à-dire que nous avons réduit le jus en charbon par une combustion ménagée; celui-ci a été lessivé à l'eau bouillante, on a séparé la dissolution, et le charbon étant débarrassé de l'alcali qu'il contenait, nous avons obtenu, en l'inciné-

rant au rouge sombre, des cendres parfaitement blanches. Ajoutant ensuite le liquide de lavage à ces cendres, évaporant doucement et avec précaution, nous avons eu la totalité des matières minérales réelles que peut fournir la combustion du jus.

Nous n'entrerons pas dans plus de détails sur les procédés de ces analyses qui sont connus de tous les chimistes.

Dans le tableau suivant nous avons réuni les chiffres obtenus (1) :

NUMÉROS D'ORDRE.	DÉSIGNATION DES ENGRAIS. Quantités rapportées à l'hectare.	CENDRES NATURELLES pour 1 litre de jus. TOTAL.	Solubles.	Insolubles.	SELS solubles pour 100 de cendres	COMPOSITION EN CENTIÈMES de la partie soluble (2). CARBONATE de potasse.	CARBONATE de soude.	Chlorure de potassium.	Sulfate de potasse.
1	Sans engrais	7.18	4.42	2.76	61.6	65.8	15.8	11.8	5.7
2	600k nitrate de soude	8.67	6.86	1.81	79.2	57.8	25.5	10.4	5.4
3	500k sulfate d'ammoniaque	7.68	5.58	2.10	72.6	63.2	15.5	11.3	9.9
4	600k nitrate de soude	8.50	6.36	2.14	74.8	56.0	21.7	14.2	7.7
5	600k sulfate d'ammoniaque	7.30	5.29	2.01	71.1	62.1	16.9	10.7	10.1
6	600k nitrate de soude, 150 phosphate fossile, 60 sulfate de potasse	8.26	6.51	1.75	78.8	56.3	26.6	9.9	7.3
7	500k sulfate d'ammoniaque, 150 phosphate fossile, 60 sulfate de potasse	7.49	4.70	2.79	62.8	66.5	13.3	11.4	8.8
8	500k sulfate d'ammoniaque, 150 phosphate fossile, 60 sulfate de potasse, 140 chlorure de potassium	7.54	5.21	2.33	69.1	64.3	6.4	19.6	8.9
9	400k nitrate de soude, 200 nitrate de potasse, 400 superphosphate, 300 plâtre	6.96	4.53	2.43	65.1	54.7	20.2	13.2	12.2

Ces résultats démontrent, ainsi qu'on pouvait s'y attendre, que les cendres des betteraves fumées avec du nitrate de soude renferment constamment moins de carbonate de potasse et plus de carbonate de soude que celles qui ont eu à leur disposition du sulfate d'ammoniaque.

(1) Ces analyses ainsi que les précédentes ont été effectuées avec le concours d'un jeune chimiste très-soigneux, M. J. Hochstester, ingénieur civil.

(2) Dans la partie soluble, il existe une faible quantité de phosphate alcalin que nous avons négligé pour ne pas compliquer nos résultats.



Ils prouvent aussi que le chlorure de potassium ajouté à l'engrais se retrouve dans ces cendres; c'est ce que l'un de nous a démontré, il y a déjà longtemps.

Il en résulte que lorsqu'on juge à propos d'enrichir en potasse l'engrais destiné aux betteraves, il est préférable d'utiliser le sulfate de potasse plutôt que le chlorure de potassium, ce dernier sel ayant, comme chacun le sait, une action nuisible sur la cristallisation du sucre.

On remarquera enfin que les sulfates ont été plus abondants dans les betteraves fumées avec du sulfate d'ammoniaque, et que c'est dans la parcelle où l'on a mis du plâtre que les betteraves en renfermaient davantage.

DE L'INFLUENCE QU'EXERCENT SUR LES RÉCOLTES LES RÉSIDUS LAISSÉS PAR LES FUMURES ANTÉR E U

PAR

MM. LAWES ET GILBERT.

Tous les chimistes agronomes connaissent les beaux travaux de MM. Lawes et Gilbert, et savent que depuis plus de trente ans, les deux infatigables travailleurs de Rothamsted ont accumulé les documents les plus importants sur toutes les questions qui touchent à l'emploi des engrais.

Nous aurons occasion souvent, dans les *Annales*, de faire de larges emprunts aux mémoires de Rothamsted, toutefois nous n'avons pas l'intention d'aborder dans cet article l'ensemble des documents publiés par MM. Lawes et Gilbert; ce travail, d'un grand intérêt pour les lecteurs français, a été entrepris par M. Ronna dans le *Journal d'agriculture pratique*, et nous avons d'autre part traduit pour la *Revue scientifique* le résumé des expériences entreprises à Rothamsted sur la culture des céréales, des graminées et les légumi

neuses. Nous voulons seulement appeler aujourd'hui l'attention sur les résultats fort importants obtenus à Rothamsted dans la culture de l'orge, qui peuvent éclairer cette délicate question des engrais restés en terre à la suite d'une récolte; nous traduirons parfois exactement le mémoire de MM. Lawes et Gilbert (1), parfois nous abrégerons pour ne pas donner à cet article une dimension exagérée.

« ... Il est d'un grand intérêt d'avoir quelques notions exactes sur ce sujet : quelle est la fraction de l'azote contenu dans l'engrais qui concourt à l'accroissement de la récolte à laquelle il est appliqué; cette fraction étant connue, qu'est devenue la partie non utilisée, non recouvrée dans la récolte; est-elle fixée dans le sol à un état où elle pourra être utilisée par les récoltes suivantes, ou bien a-t-elle été entraînée au dehors par les eaux de drainage?

Pour résoudre cette question, MM. Lawes et Gilbert ont choisi deux parcelles du champ destiné à la culture de l'orge, qui n'occupe pas moins d'un hectare et demi, divisé en planches diversement amendées. L'une, 4 A, a reçu tous les ans une fumure de 224 kilos de sels ammoniacaux, de 224 kilos de sulfate de potasse, de 112 kilos de sulfate de soude, de 112 kilos de sulfate de magnésie, enfin de 437 kilos de superphosphate de chaux; la parcelle 4 AA a reçu les mêmes engrais minéraux pendant toute la durée de l'expérience; mais durant les six années précédentes elle avait reçu 448 kilos de sels ammoniacaux, une quantité double par conséquent de celle qu'on a donné à 4 A; ainsi, au moment où commence l'expérience en 1858, les deux parcelles reçoivent exactement les mêmes engrais, mais pendant six ans 4 AA a reçu deux fois plus de sels ammoniacaux que 4 A : le sol en a-t-il conservé quelque chose? Ce grand excès de fumure, qui ne s'est manifesté que par un faible surcroît de récolte, 47 hectolitres au lieu de 44, a-t-il laissé des traces dans le sol et allons-nous trouver une différence dans les deux récoltes; c'est ce dont on jugera par le tableau suivant, dans lequel nous donnons en kilos et en hectolitres rapportés à l'hectare les nombres fournis par les auteurs anglais en bushels et en livres.

Il est clair que l'effet des fumures abondantes qu'a reçues 4 AA a été sensible pendant les dix années qu'a duré l'expérience, puisque

(1) Expériences sur la culture de l'orge continuées pendant vingt ans de suite sur le même sol. (*The Journal of the royal agricultural Society of England*, vol. IX, 2e série, 1873.)

4 AA a donné pendant l'ensemble de ces dix années 14 hectolitres de plus à l'hectare que 4 A, ce qui représente 1 hectolitre 4 par an; cette différence moyenne est précisément celle qu'on a observée quand on a mis fin à l'expérience, ce qui indique que la puissante réserve que le sol avait reçue n'était pas encore épuisée.

TABLEAU I. — EFFETS QU'EXERCENT SUR LA CULTURE DE L'ORGE LES RÉSIDUS NON ÉPUISÉS D'UNE FUMURE DE SELS AMMONIACAUX.

Tous les nombres sont rapportés à l'hectare.

ANNÉES.	GRAIN EN HECTOLITRES.			PAILLE EN KILOGRAMMES.		
	ENGRAIS MINÉRAUX chaque année et			ENGRAIS MINÉRAUX chaque année et		
	PARCELLE 4 A 224 kil. de sels ammoniacaux chaque année.	PARCELLE 4 AA 448 kil. sels ammoniacaux pendant 6 ans, de 1852 à 1857; et seulement 224 k. pendant 10 ans, de 1858 à 1867.	EXCÈS de 4 AA sur 4 A.	PARCELLE 4 A 224 kil. de sels ammoniacaux chaque année.	PARCELLE 4 AA 448 kil. de sels ammoniacaux pendant 6 ans, de 1852 à 1857; et seulement 224 kil. pendant 10 ans, de 1858 à 1867.	EXCÈS de 4 AA sur 4 A.
Moyenne des 6 premières années:	hectolitres.	hectolitres.	hectolitres.	kil.	kil.	kil.
1852-1857	44.1	47.7	3.6	3425	4525	100
1858	49.5	54.0	4.5	3425	4400	975
1859	34.2	36.0	1.8	3275	3750	475
1860	40.5	43.2	2.7	3150	3425	275
1861	52.2	54.0	1.8	3750	4125	375
1862	46.8	48.6	1.6	3875	4125	250
1863	54.9	56.7	1.8	3900	4250	350
1864	56.7	56.7	0.0	4150	4525	375
1865	44.1	45.9	1.8	2750	2900	250
1866	45.0	50.4	4.6	3275	3300	25
1867	42.3	44.1	1.8	3025	3300	275
Total...	476.2	490.3	14.1	35575	38100	2525
Moyenne...	47.62	49.03	1.41	3557.5	3810.0	2525

Le tableau n° II nous donne les résultats d'une expérience analogue dans laquelle les sels ammoniacaux ont été remplacés par du nitrate de soude, les deux parcelles 1 N et 2 N ont reçu l'une et l'autre pendant 14 ans, de 1858 à 1871, 300 kilos de ce sel, mais durant les 5 années antérieures, de 1853 à 1858, 1 N n'avait eu que 300 kilos comme les années suivantes, tandis que 2 N avait reçu le double, c'est-à-dire 600 kilos.

TABLEAU N° II. — EFFETS QU'EXERCENT SUR LA CULTURE DE L'ORGE LES RÉSIDUS NON ÉPUISÉS D'UNE FUMURE DE NITRATE DE SOUDE.

Produits par hectare.

ANNÉES	GRAIN TOTAL EN HECTOLITRES			PAILLE EN KILOGRAMMES.		
	PARCELLE 1 N 300 kilos de nitrate de soude pendant 19 ans, 1853-1871	PARCELLE 2 N 600 kil. de nitrate de soude pendant 5 ans, 1853-1857. 300 kilos depuis pendant 14 ans, 1858-1871.	EXCÈS de récolte de 2 N sur 1 N.	PARCELLE 1 N 300 kilos de nitrate de soude pendant 19 ans, 1853-1871.	PARCELLE 2 N 600 kil. de nitrate de soude pendant 5 ans. 1853-1857. 300 kilos depuis pendant 14 ans, 1858-1871.	EXCÈS de récolte de 2 N sur 1 N.
	hectolitres.	hectolitres.	hectolitres.	kil.	kil.	kil.
Moyenne de 5 ans 1853-1857.	40.5	45.9	4.4	3025	3875	750
1858	36.9	42.3	5.4	2500	2875	375
1859	23.4	26.1	2.7	2050	2625	575
1860	26.1	28.8	2.7	1900	2050	150
1861	38.7	40.5	1.8	3275	3425	150
1862	35.1	39.8	4.7	3900	2900	00
1863	49.5	52.2	2.7	3750	3425	— 325
1864	40.5	47.7	7.2	2900	3275	375
1865	36.0	37.8	1.8	2050	2625	575
1866	32.4	38.7	5.3	2625	2875	250
1867	31.5	34.2	2.7	2625	2625	00
1868	24.3	24.3	0.0	2150	2025	— 75
1869	35.1	37.8	2.7	2900	3275	375
1870	33.3	38.7	5.4	1625	2175	550
1871	42.3	45.0	2.7	3424	3875	450
TOTAL.....	480.5	536.1	45.6	38275	42850	3785
MOYENNE..	35.1	37.8	2.7	2750	3000	250

Cette nouvelle expérience conduit à des résultats identiques à ceux qu'on pouvait tirer de l'examen des parcelles 4 A et 4 AA; en effet, l'excès de fumure de 2 N n'avait élevé la récolte de l'orge que de 5 hectolitres 9, ce qui est bien faible pour une fumure double; mais cet excès d'engrais azoté s'était en partie conservé dans le sol; en effet, les récoltes de 2 N ont été pendant les quatorze années suivantes supérieures à celles de 1 N, et pendant ces quatorze ans l'excès de récolte a été de 45 hectolitres, 6; on remarquera que la dernière année, en 1871, 2 N surpassait encore 1 N de 2 hect. 7, c'est-à-dire de l'excès moyen, ce qui annonçait que la richesse accumulée dans 2 N n'était pas encore épuisée.

Il est digne d'intérêt de comparer les résultats précédents obtenus sur la culture de l'orge à ceux que fournirent les récoltes de blé

(tableau n° III). La comparaison n'a pas été établie ici comme dans les expériences précédentes; en effet, la parcelle n° 5 n'a reçu pendant toute la durée de l'expérience qu'un engrais privé de matières azotées et se composant de 224 k. sulfate de potasse, 112 k. sulfate de soude, 112 k. sulfate de magnésie et 437 k. superphosphate de chaux; la parcelle 16, avec laquelle est établie la comparaison, a reçu cette même fumure d'engrais minéraux pendant treize ans et de plus la dose énorme de 896 k. de sels ammoniacaux; mais à partir de 1865 jusqu'en 1871, la parcelle 16 est restée sans engrais.

TABLEAU III. — EFFETS QU'EXERCENT SUR LA CULTURE DU BLÉ LES RÉSIDUS NON ÉPUISÉS D'UNE FUMURE DE SELS AMMONIACAUX.

Produits par hectare.

ANNÉES.	GRAIN TOTAL EN HECTOLITRES			PAILLE EN KILOGRAMMES.		
	PARCELLE n° 5. Engrais minéraux seulement pendant 20 ans, 1852-1871.	PARCELLE 16. Engrais minéraux et 896 kil. sels ammoniacaux pendant 13 ans 1852-1864 sans engrais depuis.	EXCÈS de récolte de 16 sur 5.	PARCELLE n° 5. Engrais minéraux seulement pendant 20 ans, 1852-1871.	PARCELLE 16. Engrais minéraux et 896 kil. sels ammoniacaux pendant 13 ans, 1852-1864, sans engrais depuis.	EXCÈS de récolte de 16 sur 5.
	hectol.	hectol.	hectol.	kil.	kil.	kil.
Moyenne de 13 ans 1852-1864	16.2	36.0	20.2	1900	4650	2700
1865	13.5	30.6	17.1	1250	3025	1775
1866	11.7	16.2	4.5	1625	2025	400
1867	8.1	12.6	4.5	925	2650	1725
1868	16.2	20.7	4.3	1500	2050	550
1869	13.5	14.4	0.9	1750	2650	900
1870	17.1	17.1	0.0	1500	1500	0
1871	10.8	11.7	0.9	1500	1625	125
Total...	93.6	126.0	33.3	18.400	14.400	6000
Moyenne.	13.6	18.0	4.4	1500	1900	400

L'excès de récolte obtenu sur la parcelle 16 renferme à peu près les 3/10 de l'azote introduit comme engrais; cet azote a déterminé un excédant moyen de 20 hectolitres de blé et 2700 kilos de paille à l'hectare; mais que sont devenus les 7/10 de l'azote introduit non retrouvés dans la différence de récolte qu'accuse la comparaison entre 5 et 16? Pendant les sept années suivantes il y eut un supplément de récolte, dû à l'excès de fumure, de 4 hectolitres 4, mais cet excédant s'est accusé surtout pendant les premières années,

tandis que durant les trois dernières années les différences s'atténuent jusqu'à devenir nulles.

Avant de tirer de ces faits toutes les conséquences qui en découlent, nous mettrons sous les yeux du lecteur une autre série d'expériences disposée autrement; la parcelle n° 5 nous servira encore de terme de comparaison, mais elle sera associée cette fois avec les

TABLEAU IV. — INFLUENCE QU'EXERCE SUR LA RÉCOLTE DU BLÉ LE RÉSIDU D'UNE FUMURE DE SELS AMMONIACAUX.

Produits par hectare.

ANNÉES.	GRAIN EN HECTOLITRES.			PAILLE EN KILOGRAMMES.		
	PARCELLE n° 5. — Engrais minéraux seulement pendant 20 ans, 1852-1871.	PARCELLE n° 17 ou 18. Engrais minéraux seulement succédant chaque année à une fumure de 448 kilos de sels ammoniacaux pendant 20 ans, 1852-1871.	DIFFÉRENCE entre 17 ou 18 et 5. + signifie que 17 ou 18 surpasse 5. — indique l'inverse.	PARCELLE n° 5. — Engrais minéraux seulement pendant 20 ans, 1852-1871.	PARCELLE n° 17 ou 18. Engrais minéraux seulement succédant chaque année à une fumure de 448 kilos de sels ammoniacaux pendant 10 ans, 1852-1871.	DIFFÉRENCE entre 17 ou 18 et 5. — + signifie que 17 ou 18 surpasse 5. — indique l'inverse.
	hectol.	hectol.	hectol.	kilog.	kilog.	kilog.
Moyenne de 8 ans 1844-1851..	36.0	36.9	+ 0.9	3600	3625	+ 125
1852.......	15.3	12.6	— 0.7	2125	1875	— 250
1853.......	8.1	7.2	— 0.9	2250	2125	— 125
1854.......	22.5	21.6	— 0.9	2750	2625	— 125
1855.......	16.2	17.1	+ 0.9	2000	2000	0.0
1856.......	17.1	16.2	— 0.9	2250	2125	— 125
1857.......	20.7	23.4	+ 2.7	1875	2125	+ 250
1858.......	17.1	20.7	+ 3.6	1750	2125	+ 375
1859.......	18.0	17.1	— 0.9	2625	2625	0.0
1860.......	13.5	13.5	0.0	1750	1875	+ 125
1861.......	15.3	17.1	+ 1.8	1625	1875	+ 250
1862.......	16.2	17.1	+ 0.9	2000	2250	+ 250
1863.......	18.9	19.8	+ 0.9	1875	2125	+ 250
1864.......	15.3	16.2	+ 0.9	1500	1625	+ 125
1865.......	13.5	16.2	+ 2.7	1250	1625	+ 375
1866.......	11.7	11.7	0.0	1625	1625	0.0
1867.......	8.1	9.0	— 0.9	1125	1375	+ 250
1868.......	16.2	17.1	+ 0.9	1500	1750	+ 250
1869.......	13.5	14.4	— 0.9	1750	1875	+ 125
1870.......	17.1	18.0	+ 0.9	1500	1500	0.0
1871.......	10.8	14.4	+ 3.6	1500	2000	+ 500
TOTAL...	314.1	328.5	14.4	37375	40125	2640
Moyenne...	15.7	16.2	+ 0.5	1875	2000	1320

parcelles 17 ou 18; celles-ci ont reçu comme la parcelle n° 5, pendant les huit premières années d'expérience, de 1844 à 1851, des engrais exactement de même nature, formés de sulfates alcalins, de superphosphates, de sels ammoniacaux et de tourteaux, et en effet elles ont donné pendant cette période de temps, comme le montre le tableau IV, des récoltes de poids égaux; depuis cette époque, la parcelle 5 a reçu les engrais minéraux décrits plus haut; quant à 17 et 18, ils ont eu alternativement des engrais minéraux et des sels ammoniacaux : ainsi en 1857 la parcelle 17 reçut 448 k. de sels ammoniacaux à l'hectare, et 18 eut les engrais minéraux; en 1858, ce fut l'inverse, c'est-à-dire que 18 eut les 448 k. de sels ammoniacaux et 17 l'engrais minéral; cette disposition avait pour but de reconnaître quelle était la quantité de l'engrais azoté non employé l'année de la récolte qui se trouvait disponible dans le sol pour la récolte suivante.

Les résultats du tableau IV font voir qu'on obtint 0,5 hectolitres de blé en plus des parcelles 17 ou 18 que de la parcelle 5, et que l'excès de paille fut de 147 kilos; d'où l'on peut conclure que lorsque 448 k. de sels ammoniacaux sont donnés à l'hectare sur une culture de blé, le résidu d'azote resté dans le sol augmente très-peu la récolte suivante, et que ces effets sont très-différents de ceux que nous avons observés sur l'orge.

A quoi tiennent ces différences? c'est ce qu'il importe de rechercher. Dans des travaux antérieurs, MM. Lawes et Gilbert s'étaient efforcés de déterminer exactement quelle est la fraction de l'azote contenu dans l'engrais qu'on retrouve dans la récolte; ils reviennent sur cette importante question dans le mémoire que nous analysons; ils rappellent que des dosages d'azote ont été faits sur les échantillons de blé, d'orge et d'avoine obtenus; comme les récoltes avaient été pesées, il est possible de savoir quelle est la quantité d'azote contenue dans la récolte entière, et, en la comparant à celle que renfermait l'engrais, on arrive à trouver les rapports qui existent entre l'azote de la récolte et celui de l'engrais; enfin, en comparant l'excès de récolte obtenue sous l'influence de l'engrais azoté à celle qu'ont donné les engrais minéraux employés seuls, on reconnaît quelle est l'augmentation de récolte due à l'emploi de cet engrais azoté, et enfin on trouve quelle est la fraction de l'azote contenu dans cet engrais qui existe dans le supplément de récolte produite sous son influence.

TABLEAU N° V.

AZOTE RETROUVÉ DANS L'AUGMENTATION DE RÉCOLTE.

Nos DES PARCELLES	Engrais par hectare et par an.	POUR 100 D'AZOTE DANS L'ENGRAIS. Retrouvé dans l'accroissement de récolte.	POUR 100 D'AZOTE DANS L'ENGRAIS. Non retrouvé.
	BLÉ PENDANT 20 ANS, 1852-1871.		
6	Engrais minéraux complexes et 224 kil. sels ammoniacaux renfermant 45.72 d'azote	32.4	67.6
7	— — — 448 — — — 91.44 —	32.9	67.1
8	— — — 672 — — — 137.16 —	31.5	68.5
16	— — — 896 — — — 182.88 —	28.5	71.5
9 A	— — — 616 nitrate de soude — 91.84 —	45.3	54.7
2	14.224 kil. de fumier de ferme, à l'hectare	14.6	85.4
	ORGE PENDANT 20 ANS, 1852-1871.		
4 A	Engrais minéraux complexes et 224 kil. sels ammon. renfermant 45.72 d'azote	58.1	51.9
4 AA	Engrais minéraux complexes et { 448 — — — 91.44 — 6 ans, 1852-57; 200 — — — 45.72 — 10 ans, 1858-67; 308 kil. azotate de soude — 45.72 — 4 ans, 1868-71 }	49.8	50.2
4 C	Engrais minéraux complexes et { 2 240 kil. tourteaux — 106 — 6 ans, 1852-57; 1 120 kil. — — 53 — 14 ans, 1858-71 }	36.3	63.7
7	14 224 kil. de fumier de ferme à l'hectare	10.7	89.3
	AVOINE, 3 ANS, 1869-1871.		
4	Engrais minéraux et 148 kil. sels ammoniac. renfermant 91.44 azote	51.9	48.1
5	— — et 696 kil. azotate de soude — 9.44 —	50.4	49.6

En parcourant le tableau V on reconnaît qu'à peine un tiers de l'azote contenu dans l'engrais se retrouve dans le supplément de la récolte de blé obtenue, quand les doses d'engrais azotés ont été assez faibles; mais quand celles-ci augmentent, la fraction n'est guère plus qu'un quart. Lorsqu'on a employé le nitrate de soude, on a retrouvé (parcelle 9 A) près de la moitié de l'azote contenu dans l'engrais, dans l'accroissement de la récolte; mais quand on fit usage du fumier de ferme, le rapport n'est plus que de 14,6 à 100.

Sur l'orge les résultats sont différents et beaucoup plus avantageux, puisque l'augmentation de la récolte renferme à peu près la moitié de l'azote de l'engrais, quand celui-ci est formé de sels solubles; il est encore de 26 p. 100 quand on fait usage de tourteaux; mais il tombe au 10e pour la parcelle qui reçoit du fumier de ferme. Enfin les deux expériences exécutées sur l'avoine accusent une augmentation de récolte renfermant environ la moitié de l'azote contenu dans l'engrais.

Pour reconnaître ce qu'est devenu l'azote non retrouvé, MM. Lawes et Gilbert ont recherché d'une part l'azote combiné contenu dans le sol, d'autre part celui qui est entraîné par l'eau de drainage.

A l'aide d'un cadre en fer susceptible d'être enfoncé dans le sol sans se déformer, on préleva des échantillons de la terre du champ de blé de la surface à la profondeur de 22c.5, puis des deux couches suivantes de 22c.5 à 50 c., enfin de 50 à 72c.5; de telle sorte qu'une épaisseur de 72c.5 fut examinée; l'analyse indiqua que si les quantités d'azote (1) fixées dans le sol sont notables, elles sont loin de représenter la quantité non retrouvée dans l'accroissement des récoltes, et il en fallut conclure, ou bien que les composés azotés avaient pénétré dans le sol à une profondeur telle qu'on ne pouvait plus les y rechercher, ou bien qu'ils avaient été entraînés par les eaux de drainage.

L'analyse de ces eaux de drainage fut exécutée surtout par

(1) Des travaux semblables ont été exécutés en France, d'abord par M. Is. Pierre, qui a trouvé pour le sol de la plaine de Caen des quantités variables d'azote à diverses profondeurs, mais montant encore à 0gr,807 par kilogramme de terre dans la couche de 76 centimètres à 1 mètre; puis par le traducteur de cet article, qui a dosé dans la pièce de *vingt-six arpents* qui fait partie du domaine de l'école de Grignon, des quantités variant de 2gr à 1m,090 de la surface jusqu'à 1m,60; ce dernier chiffre a été obtenu par l'analyse du sol pris à cette profondeur considérable. (Voyez Dehérain, *Cours de chimie agricole*, p. 354.)

MM. Voelcker et par M. Frankland, et publiée dans des mémoires spéciaux dont MM. Lawes et Gilbert n'ont extrait que les résultats qui s'appliquent directement à la question étudiée.

Nous indiquerons d'après les auteurs la composition de quelques-uns des échantillons recueillis à diverses époques.

Tableau VI. — Composition des eaux de drainage provenant de parcelles ayant reçu des fumures différentes.

Culture continue du blé depuis 1844.

Azote dosé à l'état de nitrates ou de nitrites dans 1 mètre cube d'eau, par M. Voelcker.

DATES de la PRISE D'ÉCHANTILLON.	ENGRAIS EMPLOYÉS (1)						
			SULFATE DE POTASSE, DE SOUDE, DE MAGNÉSIE ET SUPERPHOSPHATE DE CHAUX				
	14 222 kil. de fumier de ferme chaque année. — PARCELLE nº 2.	Constamment sans engrais. — PARCELLE nº 3-4.	sans azote dans l'engrais depuis 1851. — PARCELLE nº 5.	et 45 kilos d'azote sous forme de sels ammoniacaux. — PARCELLE nº 6.	et 90 kilos d'azote sous forme de sels ammoniacaux. — PARCELLE nº 7.	et 137 kil. d'azote sous forme de sels ammoniacaux. — PARCELLE nº 8.	et 90 kilos d'azote sous forme de nitrate de soude. — PARCELLE nº 9.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
6 décembre 1866, faible écoulement........	19.56	6.48	8.78	13.30	21.70	25.67	7.07
21 mai 1867.....	»	0.52	0.59	0.89	0.78	2.74	7.85
13 janvier 1868. .	12.56	6.67	9.26	17.04	28.11	31.04	11.96
21 avril 1868.....	»	0.85	1.37	1.89	4.48	5.78	58 30
29 décembre 1868.	»	5.00	5.30	9.52	14.93	18.74	6.59
Moyenne....	16.06	3.90	5.06	8.53	14.00	16.79	18.35

On remarquera d'abord que trois fois sur cinq, quand tous les drains placés sous les parcelles en expérience donnaient des quantités d'eau notables, le drain de la parcelle amendée avec le fumier de ferme restait sec; le fait est général; ce drain ne donne pas d'eau quand les autres en fournissent, il arrive souvent qu'il ne coule qu'une fois par an, et parfois, quand tous les autres fonctionnent régulièrement, il ne coule pas du tout; on a trouvé en effet

(1) L'oxydation des sels ammoniacaux dans les couches superficielles du sol, et leur transformation en nitrates, est particulièrement évidente dans l'analyse des eaux de drainage des champs qui ont reçu les eaux d'égout; j'ai résumé quelques-unes de ces analyses dans mon *Cours de chimie agricole*, page 491 et suivantes.

que lorsqu'elle est saturée d'eau, cette terre peut en retenir une quantité équivalente à une hauteur de pluie de $0^m,037$ de plus que n'en retiendrait la terre des parcelles qui n'ont pas reçu d'engrais ou qui ont reçu des engrais chimiques. Il est clair que les matières organiques accumulées sur ce sol pendant nombre d'années lui ont donné la propriété de retenir l'eau à un haut degré, que par suite il est bien mieux à l'abri de la sécheresse que les parcelles voisines, et qu'enfin la nécessité du drainage, dans une terre de cette nature, se trouve être singulièrement diminuée.

Il faut remarquer en outre que l'eau de drainage recueillie à la sortie de la parcelle n° 2 est dans un cas plus pauvre en azote que celle du n° 7 qui a reçu 90 kilos d'azote et dans l'autre plus pauvre même que celle qui provient de la parcelle n° 6, qui en a reçu seulement 45 kilos, bien qu'on puisse estimer à 448 kilos la quantité d'azote contenue dans le fumier donné à la parcelle n° 2; la terre qui a reçu le fumier de ferme garde donc infiniment mieux l'azote qu'elle a reçu que les terres amendées avec les engrais chimiques, et cependant elle n'a pas donné de récoltes aussi élevées que celles qu'on a obtenues des champs qui ont reçu les engrais solubles, d'où il faut conclure que l'azote contenu dans le fumier s'y trouve à la fois sous une forme moins assimilable par les plantes, mais aussi moins susceptible d'être entraînée par l'eau.

On reconnaît à l'inspection des eaux de drainage des autres parcelles que la quantité d'azote qu'elles renferment est d'autant plus grande que les sels ammoniacaux ont été donnés en plus grande quantité, c'est-à-dire qu'à chaque accroissement de l'azote contenu dans l'engrais, sous forme de sel ammoniacal, correspond un accroissement de perte par l'eau de drainage sous forme d'acide nitrique.

Quant à la parcelle n° 9, qui a reçu les nitrates au printemps en couverture, il est tout naturel que les pluies d'hiver ne lui aient enlevé que peu d'azote, beaucoup moins qu'aux autres parcelles qui avaient été fumées à l'automne; mais la pluie du 21 avril, qui a eu lieu peu de temps après la distribution de l'engrais, lui a causé une perte sensible, telle que si $0^m,025$ de pluie passait au travers du sol elle occasionnerait une perte de $14^k,56$ d'azote à l'hectare!

En résumé, on peut conclure des faits précédents, et c'est là une conséquence d'une grande importance, que pour $0^m,025$ de pluie traversant le sol en entraînant 10 grammes d'azote par mètre cube, la perte sera de $2^k,5$ d'azote par hectare.

Postérieurement aux recherches précédentes, M. le professeur Frankland analysa également quelques-unes des eaux de drainage provenant du champ précédent; il obtint les résultats consignés au tableau n° VII.

TABLEAU VII. — COMPOSITION DES EAUX DE DRAINAGE PROVENANT DE PARCELLES AYANT REÇU DES FUMURES DIFFÉRENTES.

Culture continue de blé, depuis 1844.

Azote dosé à l'état de nitrates et de nitrites dans 1 mètre cube d'eau, par le professeur Frankland.

DATES de la PRISE D'ÉCHANTILLONS. (1)	ENGRAIS EMPLOYÉS.						
	14222 kil. de fumier de ferme chaque année. — PARCELLE n° 2.	Constamment sans engrais. — PARCELLE n°s 3-4.	SULFATE DE POTASSE, DE SOUDE, DE MAGNÉSIE ET SUPERPHOSPHATE DE CHAUX, sans azote dans l'engrais depuis 1851. — PARCELLE n° 5.	et 45 kilos d'azote sous forme de sels ammoniacaux. — PARCELLE n° 6.	et 90 kilos d'azote sous forme de sels ammoniacaux. — PARCELLE n° 7.	et 137 kilos d'azote sous forme de sels ammoniacaux. — PARCELLE n° 8	et 90 kilos d'azote sous forme de sels ammoniacaux. — PARCELLE n° 9.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
5 janvier 1872..	25.92	13.12	14.18	27.77	47.44	78.41	23.11
18 mai 1872.....	»	0.31	0.71	0.51	0.59	0.74	16.47
26 octobre 1872..	9.32	3.66	3.60	13.54	23.03	18.08	9.75
19 janvier 1873...	0.84	0.67	1.57	4.54	12.94	15.22	»
26 février 1873...	0.82	1.31	0.88	1.22	4.61	4.41	2.64
Moyenne...	9.22	3.16	3.49	7.93	14.77	19.51	10.39

Bien qu'il ait plu pendant l'automne de 1871, du mois d'octobre, époque à laquelle le champ d'expériences reçut les engrais, jusqu'en janvier, ce fut seulement le 5 janvier que tous les drains coulèrent; les parcelles n°s 3 et 4, qui depuis 1844 étaient restées constamment sans engrais, donnèrent sensiblement moins d'azote que la parcelle n° 5, qui avait reçu des engrais azotés avant 1851; les proportions d'azote allèrent, au reste, en croissant dans l'eau de drainage en proportion de l'abondance d'engrais qu'avaient reçu les parcelles qui les avaient fournies; la quantité d'azote trouvé par le Dr Frankland dans l'eau de la parcelle 8 est même plus grande que celle qu'avait trouvée

(1) Prise de 4 échantillons pour la parcelle n° 2, prise de 5 pour 9 et de 6 pour les autres.

le Dr Voelcker pour cette même parcelle en 1866; le poids correspond à plus de 19 kilos d'azote à l'hectare pour $0^m,025$ d'eau de pluie traversant le sol pour arriver jusqu'aux drains. En revanche, l'eau de drainage de la parcelle 9 s'est trouvée plus pauvre, et on en saisit facilement la raison, puisque cette parcelle n'avait reçu aucun engrais depuis le printemps précédent; en mai, au contraire, après que l'application de l'engrais eut eu lieu, la perte fut considérable.

En juin 1872, la pluie fut très-abondante, et le 9 juin on envoya à M. Frankland des échantillons d'eau de drainage; mais soit que les lavages précédents eussent enlevé tous les nitrates, soit qu'ils eussent été consommés par la récolte en terre, on ne trouva pas d'azote dans l'eau de drainage en quantité sensible.

Il faut ajouter, au reste, que par suite des pertes considérables qui avaient été faites par le drainage pendant l'hiver, les récoltes du champ d'expérience fumées avec les engrais minéraux et les sels ammoniacaux appliqués en automne furent beaucoup moins abondantes qu'elles ne le sont habituellement sous l'influence des mêmes engrais; la récolte de la parcelle n° 9, qui n'avait reçu de fumure qu'au printemps, fut au contraire au-dessus de la moyenne.

Après avoir passé en revue les compositions des eaux de drainage recueillies pendant l'année 1872, après avoir insisté de nouveau sur ce fait curieux que la parcelle qui a reçu le fumier de ferme est traversée par l'eau bien plus difficilement et bien plus lentement que celles qui ont reçu les engrais salins, les auteurs arrivent aux conclusions suivantes que nous traduisons littéralement :

1° Une fraction importante de l'azote contenu dans des sels ammoniacaux, du nitrate de soude, des tourteaux, du fumier de ferme appliqués à la culture du blé ou de l'orge, ne se retrouve pas dans l'augmentation de récolte qui détermine ces engrais, ni même dans les récoltes suivantes.

2° On n'a retrouvé dans l'augmentation de récolte qu'une quantité d'azote beaucoup plus faible quand on a employé comme engrais les sels ammoniacaux sur le blé à l'automne que lorsqu'on les a appliqués sur l'orge au printemps.

3° Les analyses des terres prises jusqu'à une profondeur de $0^m,75$ démontrent qu'une quantité considérable de l'azote non recouvré dans l'augmentation des récoltes s'y est accumulée, mais cette quantité est loin de représenterla totalité de l'azote non utilisé par les végétaux.

4° Les eaux de drainage recueillies à la sortie du champ d'expérience accusent une proportion considérable de nitrates; cette proportion augmente en raison de la quantité de sels ammoniacaux appliqués comme engrais; quand l'engrais est répandu à l'automne, les eaux de drainage sont beaucoup plus chargées pendant l'hiver que plus tard au printemps et à l'été.

5° L'analyse montre encore que les eaux de drainage recueillies pendant l'hiver qui suit l'épandage des sels ammoniacaux renferment de 20 à 30 grammes et quelquefois beaucoup plus d'azote sous forme de nitrates et de nitrites par mètre cube d'eau. On calcule d'après cela que 10 grammes d'azote par mètre cube d'eau de drainage accusent une perte de 1 kilo d'azote par hectare pour chaque centimètre de pluie arrivant jusqu'aux drains. Dans une de ses analyses, M. Frankland a trouvé 78^{gr},41 d'azote par mètre cube d'eau, ce qui correspond à une perte de 7^{k},84 d'azote par hectare pour chaque centimètre de pluie traversant le sol.

6° La terre arable retient moins bien le nitrate de soude ou ses produits de décomposition que l'ammoniaque ou les sels ammoniacaux. On en conclut que les eaux de drainage seront plus chargées d'azote après l'emploi des nitrates qu'après celui des sels ammoniacaux. Dans un de ses dosages, M. Voelcker a trouvé que l'eau de drainage renfermait 58^{gr},3 d'azote par mètre cube, correspondant à une perte de 5^{k},83 d'azote par hectare par chaque centimètre de pluie passant au travers du sol.

7° La perte par le drainage étant beaucoup moindre quand les engrais sont distribués au printemps que lorsqu'ils sont appliqués en hiver, il y eut non-seulement un effet plus sensible de ces engrais sur la récolte à laquelle ils avaient été donnés au printemps (orge ou avoine) que sur le blé qui les avait reçus à l'automne, mais encore l'effet du résidu fut beaucoup plus sensible sur les récoltes suivantes d'orge que sur celles du blé.

8° Il est probable que la totalité de l'azote employé comme engrais sous forme de nitrate de soude ou de sels ammoniacaux se divise en trois parties inégales; l'une est recouvrée dans l'augmentation de la récolte, l'autre est retenue dans le sol sous une forme peu soluble, et la dernière enfin est entraînée par les eaux de drainage et perdue.

9° La décomposition de la matière organique azotée du tourteau et de l'engrais de ferme s'opérant lentement, leur azote est moins ra-

pidement utilisé que celui des sels ammoniacaux ou du nitrate de soude; mais autant qu'on en peut juger par les expériences faites sur ce sujet, il semblerait moins exposé à être entraîné par les eaux de drainage.

10° Les matières minérales importantes contenues dans les engrais, l'acide phosphorique et la potasse par exemple, sont retenues très-complétement dans les sols argileux et leur effet est très-sensible sur les récoltes suivantes, pourvu que le sol contienne une quantité convenable d'azote assimilable.

OBSERVATIONS SUR LE DOSAGE DE L'ACIDE PHOSPHORIQUE DANS LA TERRE ARABLE

PAR

M. MAQUENNE,
Licencié ès sciences, répétiteur à l'école de Grignon.

Le dosage de l'acide phosphorique dans la terre arable où il se trouve mélangé à une grande quantité de matières étrangères est considéré à juste titre comme une des opérations les plus délicates de la chimie agricole; mais l'importance de cette détermination est telle, que les efforts des analystes pour découvrir un procédé précis et d'un emploi facile ne se sont pas ralentis depuis plusieurs années; malheureusement, plusieurs des méthodes proposées, notamment celle de M. Rivot et celle de M. Schlœsing, exigent soit une grande habitude des manipulations chimiques, soit un matériel qui ne peut être à la portée de toutes les personnes qui s'occupent de chimie agricole; en revanche, deux procédés semblent exempts de ces inconvénients, celui de M. de Gasparin : très-bien décrit dans le *Traité de la détermination des terres arables dans le laboratoire*, et le procédé de M. Joulie, inséré par l'auteur dans le *Moniteur scientifique;* nous avons eu souvent occasion de les mettre en pratique, et nous les avons soumis à une série de vérifications qui toutes, comme on va le voir, leur ont été favorables.

Nous rappellerons succinctement les opérations du dosage, en commençant par le procédé de M. de Gasparin, puis nous signalerons

toutes les difficultés que nous avons rencontrées en indiquant comment nous les avons surmontées.

Si la terre est une alluvion ordinaire, le dosage doit être fait sur un échantillon, aussi homogène que possible, de 20 grammes; si l'on opère sur une terre de jardin ou sur une terre d'origine volcanique, 10 grammes suffisent; on arrose la matière avec une petite quantité d'acide nitrique pur, on évapore à sec dans le but de détruire les matières organiques, puis on calcine au rouge-cerise; le résidu est repris par l'acide nitrique étendu, on filtre la liqueur et on la concentre par une évaporation très-lente; on ajoute alors 20^{cc} du réactif indiqué sous le nom de nitromolybdate d'ammoniaque par M. de Gasparin; l'acide phosphorique est précipité à l'état de phosphomolybdate d'ammoniaque; on filtre après 24 heures; le précipité est redissous sur le filtre par un peu d'ammoniaque, on ajoute alors dans la liqueur, du chlorure de magnésium ammoniacal qui détermine la formation de phosphate ammoniaco-magnésien. M. de Gasparin recueille le précipité, le calcine et le pèse.

Il nous a semblé plus facile et aussi plus exact de le traiter par la méthode de M. Joulie; voici comment il opère : le filtre est placé dans une capsule et arrosé de quelques gouttes d'acide nitrique; on ajoute environ 100^{cc} d'eau et on chauffe jusqu'à l'ébullition; on verse dans le liquide 10^{cc} d'acétate de soude au dixième, de façon à remplacer l'acide nitrique libre par de l'acide acétique, et l'on ajoute goutte à goutte une dissolution, titrée à l'avance, d'acétate d'urane : l'acide phosphorique est précipité à l'état de phosphate d'urane, on est averti de la fin de l'opération par la coloration rouge que prend une goutte du liquide lorsqu'on la met en contact avec une goutte de ferrocyanure de potassium placée sur une assiette. La quantité d'acétate d'urane que l'on a dû ajouter est proportionnelle à la quantité d'acide phosphorique en dissolution.

Il était à craindre que pendant la calcination au rouge-cerise il ne se formât une petite quantité de phosphate de fer difficilement attaquable par l'acide nitrique étendu et froid; pour nous en assurer, nous avons recherché l'acide phosphorique dans des mélanges artificiels de richesse bien déterminée; les matières que nous avons employées dans ces mélanges étaient celles que l'on rencontre le plus fréquemment dans le sol, c'est-à-dire du kaolin, du carbonate de chaux, de l'oxyde de fer; dans tous les cas nous avons retrouvé exactement tout l'acide phosphorique introduit, sous quelque

forme qu'il se trouvât; nous ne saurions donner à cet égard d'affirmation plus précise que nos résultats eux-mêmes; les voici :

1er essai. 5g kaolin pur.
5g peroxyde de fer anhydre.
0g,100 phosphate ammoniaco-magnésien.
Acide phosphorique introduit 0g,045.
Acide phosphorique retrouvé 0g,0448.

2e essai. 5g kaolin.
quantité indéterminée de peroxyde de fer hydraté.
5g carbonate de chaux pur précipité.
0g,100 phosphate ammoniaco-magnésien.
Acide phosphorique introduit 0g,045.
Acide phosphorique retrouvé 0g,0458.

3e essai. 5g kaolin.
5g carbonate de chaux pur.
traces de peroxyde de fer hydraté.
10cc d'une dissolution de phosphate acide de chaux contenant par litre 5g,92 d'acide phosphorique.
Acide phosphorique introduit 0g,0592.
Acide phosphorique retrouvé 0g,0588.

4e essai. 5g kaolin.
5g peroxyde de fer anhydre.
10cc d'une dissolution contenant par litre 5gr de phosphate acide d'ammoniaque.
Acide phosphorique introduit 0g,0312.
Acide phosphorique retrouvé 0g,0309.

5e essai. 10g peroxyde de fer.
10cc d'une dissolution de phosphate acide de chaux contenant par litre 5g,92 d'acide phosphorique.
Acide phosphorique introduit 0g,0592.
Acide phosphorique retrouvé 0g,0587.

6e essai. 5g kaolin.
5g carbonate de chaux pur.
0g,050 de phosphate de fer contenant 33,40 pour 100 d'acide phosphorique.
Acide phosphorique introduit 0g,0167.
Acide phosphorique retrouvé 0g,0172.

Ces essais ayant tous été favorables, bien qu'on ait tenté d'exagérer les causes d'erreur, si erreur il y a, le procédé au nitromolybdate d'ammoniaque nous semble donner des résultats excellents; néanmoins son emploi, sans présenter de difficulté, n'est pas sans exiger des soins qu'il est indispensable de ne pas négliger: il nous est arrivé, en desséchant un peu vivement une terre de jardin très-riche en matières organiques, après l'avoir imbibée d'acide nitrique, de la voir fuser comme aurait fait un mélange de salpêtre et de charbon; ce qu'il

y a de mieux à faire en pareille occurrence, c'est de répéter plusieurs fois l'évaporation à sec et l'arrosage d'acide nitrique, de manière à détruire complétement les matières organiques avant la calcination.

Si la terre à analyser est très-calcaire, on se trouve encore arrêté; en effet, pendant la calcination il se forme une grande quantité de silicate de chaux qui, par le traitement ultérieur à l'acide nitrique, donne de la silice gélatineuse; une semblable liqueur est impossible à filtrer; le procédé qui nous a le mieux réussi consiste à ajouter, après la première calcination, une petite quantité d'acide sulfurique qui s'empare de toute la chaux pour former du plâtre; on calcine de nouveau pour chasser l'excès d'acide, et la suite du dosage peut se faire avec la plus grande facilité.

Lorsque la terre est très-riche en acide phosphorique, l'emploi de la liqueur nitromolybdique demande beaucoup de soins; il arrive souvent que, malgré un excès considérable de réactif, il reste encore de l'acide phosphorique en dissolution; nous citerons comme exemple une terre provenant du muséum d'histoire naturelle, et contenant 8,5 pour 1000 d'acide phosphorique : trois fois de suite nous avons été obligé de rajouter un excès de nitromolybdate d'ammoniaque; c'est là un grave inconviénient qui vient retarder singulièrement le dosage, déjà long par lui-même; aussi nous préférons, dans ce cas particulier d'une terre très-riche, employer le procédé de M. Joulie, qui, directement, produit le précipité de phosphate ammoniaco-magnésien : la terre est calcinée avec une petite quantité d'acide nitrique comme dans la méthode de M. de Gasparin; le résidu est attaqué par l'acide nitrique étendu, et on ajoute dans la liqueur filtrée 10^{cc} de citrate ammoniaco-magnésien; par l'agitation on voit se former le phosphate ammonia-comagnésien, qui est ensuite traité comme nous l'avons dit plus haut. Nous avons eu occasion de comparer les résultats fournis par les deux procédés; en général, et surtout si l'on n'a pas suffisamment concentré les liqueurs contenant l'acide phosphorique en dissolution, le procédé direct de M. Joulie donne des résultats un peu faibles; la différence étant peu importante, nous employons toujours la méthode de M. Joulie pour les terres riches, en conservant le procédé de M. de Gasparin pour les terres pauvres en acide phosphorique.

Dans tous les cas, au lieu de peser le phosphate ammoniaco-magnésien obtenu, nous le titrons au moyen de la liqueur d'urane, en suivant les indications de M. Joulie.

En terminant, nous ajouterons encore une observation qui peut, dans certains cas, abréger notablement le dosage : il n'est pas absolument nécessaire d'attendre 24 heures la précipitation du phosphate ammoniaco-magnésien; on peut la considérer comme complète aussitôt que le précipité s'est bien déposé et que la liqueur surnageante reste parfaitement limpide; souvent l'opération est terminée après 6 ou 8 heures ; cependant, et nous insistons sur ce point, il y a des cas où ce temps est tout à fait insuffisant; nous ne donnons pas cette remarque comme générale, nous ne faisons que l'indiquer parce qu'elle nous a souvent profité et qu'elle n'est signalée dans aucun traité d'analyse.

DISCUSSION DES EXPÉRIENCES FAITES AU MAS DE LAS-SORRES (PRÈS MONTPELLIER), SUR LA MALADIE DE LA VIGNE CARACTÉRISÉE PAR LE PHYLLOXERA

PAR

M. AUDOYNAUD,
Professeur à l'école d'agriculture de Montpellier.

Personne n'ignore aujourd'hui qu'un véritable fléau s'est abattu sur nos vignobles. Connue d'abord sous le nom de *pourriture des racines*, cette nouvelle maladie de la vigne fut signalée pour la première fois dans le Gard en 1863; puis elle s'étendit rapidement dans les départements de Vaucluse, du Gard, des Bouches-du-Rhône; en 1869 elle remonta le Rhône jusqu'à Valence et vint attaquer au midi le département du Var et celui de l'Hérault; en 1872 elle s'avança davantage dans tous les sens, et aujourd'hui elle se manifeste presque partout, dans le Beaujolais et la Suisse, dans le Bordelais, les Charentes et le Poitou.

En juillet 1868, MM. Planchon, Bazille et Sahut, délégués pour étudier la nouvelle maladie, découvrirent sur les racines de vignes malades de la Crau un insecte presque microscopique, le *phylloxera*. Cet insecte, sorte de puceron des racines, existe sur toutes les vignes attaquées de la maladie connue alors sous le nom de pourriture, et cette présence, corrélative de la maladie elle-même,

a fait naître plusieurs théories sur l'origine et la cause première du mal, et apparaître une infinité de procédés de guérison.

Le phylloxera est-il cause ou effet? Si c'est lui qui détruit les racines, qui arrête la végétation et fait périr la plante, il faut le faire disparaître pour détruire le mal. S'il n'est que la conséquence, l'effet d'une ou plusieurs causes, il faut chercher ces causes premières et trouver le moyen de rendre à la vigne sa santé, sa vigueur, et le phylloxera ne sera pas plus redoutable que ces myriades d'insectes qui, à certaines époques, attaquent nos cultures.

La première de ces deux opinions a encore de nombreux partisans; détruire le phylloxera est la grande affaire, la chose pressante; et les insecticides sont encore en grande faveur malgré leur peu de succès jusqu'à ce jour. La submersion des vignes, ou le passage d'une couche d'eau de 10 centimètres d'épaisseur sur le sol pendant 30 à 40 jours a été préconisée par M. Faucon; elle paraît avoir donné en certains points des résultats satisfaisants; mais ceux-ci doivent varier suivant la nature du sol et du sous-sol, la nature des eaux, etc., il faut remarquer en outre que dans bien des cas le procédé est impossible à mettre en pratique ou ne peut être appliqué avec économie. Une autre idée s'est encore présentée à l'esprit de ceux qui croient au phylloxera *cause* du mal : chercher des cépages résistant à l'insecte, végétant avec lui; de là l'introduction de certains cépages américains, quoique, dit-on, ce soient eux qui nous aient importé l'insecte dévastateur.

Toutes ces questions, toutes ces théories ont été abordées, sinon discutées, pendant le congrès viticole d'octobre 1874 tenu à Montpellier. Je ne veux pas répéter ici tout ce qui a été dit et écrit sur ces interminables discussions; je crois voir la vérité ailleurs et je veux simplement ici rappeler au public agricole certaines expériences faites au Mas de Las-Sorres, près Montpellier, et en discuter les résultats.

Le récit de ces expériences a été fait par M. Henri Marès, avec son talent habituel, dans la séance du 28 octobre dernier du congrès viticole. D'une autre part, mes collègues Durand et Jeannenot présentaient un tableau des plus intéressants, des plus instructifs, des expériences qu'ils avaient eux-mêmes dirigées au Mas de Las-Sorres, vigne sud; et la commission départementale de l'Hérault offrait aux membres du congrès un rapport très-circonstancié au sujet de ces mêmes expériences.

« Le 6 juillet 1872, dit ce rapport, les essais furent commencés

sur une vigne phylloxérée, désignée sous le nom de *vigne sud*, et cinquante et un procédés y furent appliqués sur des carrés comprenant chacun 25 ceps, séparés de tous côtés les uns des autres par une double rangée de ceps. Ceux-ci ne reçurent aucun remède, dans le double but d'empêcher que les substances employées dans les divers carrés ne pussent avoir d'influence les unes sur les autres et de servir plus tard de témoins pour les comparer avec les parties traitées. »

La commission résumait les résultats de cette série d'expériences en disant : « *Les procédés de guérison expérimentés jusqu'à ce jour n'ont produit aucun effet bien appréciable sur la nouvelle maladie de la vigne; cependant, d'après les résultats constatés à Las-Sorres, il semblerait que, sous l'influence des sels à base de potasse, combinés avec le soufre, ainsi que sous celle de fortes fumures, la vigne malade reprend de la vigueur, mais sans que pour cela le phylloxera soit détruit.* »

« En 1873, les expériences continuèrent tant sur la vigne sud que sur deux autres vignes faisant partie du domaine de Las-Sorres, ... cent quarante procédés furent essayés..... Les conclusions de la commission furent que, « *sans faire disparaître le phylloxera, les fumiers et les engrais, surtout ceux qui sont riches en potasse et en matières azotées, ont produit quelques bons effets sur les vignes malades, en activant leur végétation et permettant à leur fructification encore peu abondante de s'accomplir.* »

» En 1874, les épreuves faites sur la première vigne, désignée sous le nom de vigne sud, ont été continuées, mais avec cette particularité que les procédés n'ont été renouvelés que sur trente-trois carrés où une amélioration s'était déjà produite.

» Sur ces carrés, les traitements qui étaient répétés pour la troisième fois ne furent même que partiels, et ne comprirent que les 3/5 des ceps dont se compose chaque carré soumis aux expériences, dans le but de s'assurer de la durée de l'effet des substances employées sur les vignes malades.

» De ces dispositions il résulte que la vigne sud n'a reçu en 1874, d'applications que sur trente-trois carrés, et que celles-ci ne se sont étendues qu'à 15 ceps par carré de 25.

» ..... En résumé, les expériences faites jusqu'à présent par la commission sur les vignes du Mas de Las-Sorres, sont au nombre de 259 et s'étendent sur une surface de deux hectares et demi.

» L'intérêt de ces expériences se concentre sur la vigne sud,

dans laquelle les essais sont en observation depuis trois années et qui est notoirement atteinte par le phylloxera depuis quatre ans. »

Le rapport présenté au congrès viticole se termine par les réflexions suivantes :

« Cet état de choses fait encore mieux ressortir l'efficacité des traitements dont nous constatons les succès, et *indique clairement la voie* qu'il faut suivre pour conserver les vignes, malgré le phylloxera, puisqu'on n'a pu jusqu'à présent le détruire complétement.

» Mais, si nous constatons la vigueur nouvelle et le retour à la fécondité d'un certain nombre des carrés traités, nous appuyons aussi sur ce point que le phylloxera s'y trouve toujours et qu'ils restent ainsi exposés à ses attaques.

» Le danger est donc encore imminent, à cause de la présence de cet insecte.

» Il semblerait, en conséquence, nécessaire de traiter la vigne, sinon tous les ans, au moins tous les deux ans, en s'efforçant à faire revenir les ceps des points d'attaque par l'emploi des moyens les plus énergiques.

» La commission n'a point, dans ce rapport, à indiquer *la marche à suivre pour atteindre ce but;* cette marche se déduit d'ailleurs de l'exposé des expériences qui précèdent. »

On pourrait se demander pourquoi la commission n'a pas voulu indiquer, en s'appuyant sur ses propres expériences et faisant toutes les restrictions nécessaires, *cette marche à suivre* pour régénérer les vignes atteintes. Elle aurait pu formuler un ou plusieurs traitements à suivre, au moins à titre d'essais; son rapport ne s'adressait pas seulement aux agronomes instruits qui faisaient partie du congrès, mais encore à la masse des viticulteurs, qui malheureusement ignorent les premiers principes de la science agronomique.

Ce qui étonne davantage, après les lignes précédentes, c'est la conclusion qui finit le rapport :

« *Reprenant et complétant les termes dont elle s'est servie dans son rapport de* 1873, *la commission se croit autorisée à déduire des résultats obtenus en* 1874 *que, sans faire disparaître le phylloxera, les mélanges d'engrais riches en potasse et en matières azotées, surtout quand certains d'entre eux présentent des propriétés insecticides, tels que les mélanges dans lesquels entrent les sulfures et les sulfates alcalins et terreux, les sels d'été des salines, la suie, les cendres végétales, l'ammoniaque, la chaux, ont pro-*

duit de bons effets sur les vignes malades, en activant leur végétation, en augmentant leur production et en permettant à leur fructification de s'accomplir. »

Cette conclusion du rapport de la commission n'est peut-être pas aussi nette, aussi précise que celles données en 1873 et 1872; la qualité d'insecticide attribuée aux sulfates alcalins et terreux, aux cendres, à l'ammoniaque, etc., est peut-être un peu hasardée. Nous allons essayer, sans parti pris, de faire ce que la commission a voulu laisser au public agricole: déduire des précieux documents qu'elle apportait, des excellents tableaux fournis par MM. Durand et Jeannenot, la marche à suivre pour enrayer la maladie et faire prospérer la vigne malgré la présence du phylloxera.

NUMÉROS d'ordre.	SUBSTANCES EMPLOYÉES PAR CEP.	KILOGRAMMES DE RAISINS obtenus par 25 ceps		
		traités en 1873.	non traités en 1874, mais traités en 1873.	traités en 1874.
10	5 kil. de fumier, 1 kil. de cendres, 5 litres d'eau, 60 gr. de chlorhydrate d'ammoniaque	kil. 10	100.75	147
64	5 kil. de fumier, 2 litres de cendres de bois, 1/2 litre de chaux grasse	5	33	87.50
5	100 gr. de sulfure de potassium, 20 litres d'urine humaine	20	7.25	58
42	3/4 de litre de suie, 1 kil. de sel marin, 750 gr. de sulfate de fer et 20 litres d'urine humaine	pas pesé.	9 »	34.50
38	10 litres d'urine de vache, 1/10 litre d'huile de cade	pas pesé.	21.50	86.25
39	15 litres d'urine de vache, 3/4 litres de goudron	pas pesé.	33.50	62.50
40	15 litres d'urine de vache	89	34.50	65.50
45	1 kil. de tourteau de ricin	pas pesé.	31.25	56
68	1 kil. de tourteau de colza	pas pesé.	88.50	49.50
23	60 gr. sulfate de fer, 200 gr. tourteau de colza, 240 gr. engrais sulfatisé	12	8.25	36.50

Pour tous ces carrés le feuillage était très-vert et la longueur des sarments variait de 1m à 1m,50.

Remarquons d'abord que, dans trois essais où le sulfure de potassium a été appliqué seul, les résultats ont été négatifs; les cendres de bois employées seules ont donné un résultat meilleur, mais il n'y a eu qu'un seul carré expérimenté de cette façon; la suie employée seule a aussi donné un bon rendement, mais l'expérience

n'a été faite que sur un carré, et quand sur d'autres carrés elle a été appliquée en mélange avec d'autres substances, on ne voit plus son heureuse influence. Il faut donc passer sur ces expériences douteuses et arriver à celles que le rapport désigne d'une manière toute spéciale et où l'on peut mieux juger de l'influence des matières employées.

Le tableau précédent extrait du travail de la commission va servir de base à nos appréciations.

Sans nous attacher à faire ressortir l'action plus ou moins nulle de quelques-unes des substances entrant dans les mélanges ci-dessus, cherchons à nous rendre compte des quantités d'azote, de potasse et d'acide phosphorique apportées par cep. En prenant la moyenne des analyses connues de ces diverses matières, nous pouvons faire le tableau suivant :

NUMÉROS d'ordre.	AZOTE.	POTASSE.	ACIDE phosphorique.	RENDEMENT par cep.
	grammes.	grammes.	grammes.	kilogr.
10	40	125	50	5.9
64	25	125	50	3.5
5	290	65	52	2.5
42	290	40	52	1.3
38	96	190	traces	3.4
39	135	285	traces.	2.5
40	135	285	traces.	2.6
45	38	13	25	2.6
68	55	13	32	1.9
23	14	37	8	1.5

En examinant ce tableau, on est étonné de la faible proportion d'acide phosphorique de quelques-uns de ces engrais, et au contraire de l'énorme proportion de potasse apportée par eux, surtout pour les nos 38, 39, 40, qui ont donné des rendements très-satisfaisants qui se traduiraient par une récolte de 100 hectolitres de vin par hectare.

Ces résultats me frappèrent tout d'abord, et j'en cherchai naturellement la raison dans la composition du sol sur lequel les expériences furent établies. Cette composition aurait dû être déterminée avant les expériences elles-mêmes en plusieurs points. On savait que le sol de la vigne sud était argilo-calcaire ferrugineux; mais c'était une donnée incomplète; il fallait connaître la proportion de potasse

et d'acide phosphorique de la terre. Grâce à l'obligeance de M. Durand, je pus obtenir trois échantillons de la terre de la vigne sud, pris dans une partie qui n'avait reçu aucune fumure depuis douze ans. L'un fut pris à la surface du sol, l'autre à 25 centimètres de profondeur, et l'autre à 50 centimètres. Pour chacun d'eux je recherchai l'acide phosphorique et la potasse par le traitement de l'eau régale, en suivant la méthode de P. Gasparin (1), et la potasse immédiatement soluble par la méthode suivie à Grignon par P.-P. Dehérain. Voici les résultats de ces neuf dosages :

TERRE DE LA VIGNE SUD DU MAS DE LAS-SORRES,

pour 100 gr. desséchés entre 110° et 120°.

	A LA SURFACE.	A 25 CENT. de profondeur.	A 50 CENT. de profondeur.	MOYENNES.
Acide phosphorique (dosage sur 20 grammes)	0.0634	0.0321	0.0475	0.0476
Potasse soluble dans l'eau (dosage sur 100 gr.)....	traces.	traces	traces.	traces.
Potasse attaq. par l'eau régale (dosage sur 10 gr.).	0.415	0.104	0.171	0.130

Cette terre contenant par kilogr. 0gr,476 d'acide phosphorique et 1gr,30 de potasse, elle est, d'après P. Gasparin, moyennement riche en acide phosphorique et presque pauvre sous le rapport de la potasse, puisque le minimum, d'après cet agronome, serait 1gr,25. Ou bien cette potasse est engagée dans des combinaisons lentes à se désagréger, ou bien les eaux météoriques ou souterraines l'entraînent à mesure qu'elle devient soluble, puisqu'on ne trouvait pas, en novembre dernier, époque de la prise des échantillons, un poids de potasse soluble appréciable à une balance qui donne au moins des demi-milligrammes. Il n'y avait pas à cette époque dans le sol du Mas de Las-Sorres une quantité de potasse assimilable égale à 7kil,5 par hectare, c'est-à-dire le 1/3 de ce qu'il faut pour une récolte normale (23 kilog., d'après M. Marès, pour une récolte de 120 hectolitres).

On comprend donc que dans de semblables conditions les engrais employés, pauvres en acide phosphorique, mais très-riches en potasse,

(1) Voyez plus haut, *Observations sur le dosage de l'acide phosphorique dans la terre arable*, par M. Maquenne.

aient produit les rendements indiqués plus haut. On voit aussi que lorsque la commission indique les engrais riches en matières azotées et en potasse comme très-favorables à la végétation de la vigne, sa conclusion est particulière au Mas de Las-Sorres, et que sur un autre terrain qui aurait pu être riche en potasse et pauvre en acide phosphorique, les résultats des expériences auraient pu être différents.

De l'analyse précédente et des expériences de la commission il faut donc conclure que les matières ayant servi d'engrais ont donné au sol ce qui lui manquait, et souvent avec une exagération qui rend le procédé inapplicable. Ainsi prenons le n° 5. 20 litres d'urine humaine ont été donnés par cep; en supposant 4000 ceps à l'hectare, il faudrait recueillir les urines de 200 individus pour soutenir la fertilité du champ. Au n° 38, 10 litres d'urine de vache ont été fournis à chaque cep, il faudrait alors un troupeau de 25 à 30 vaches pour fertiliser un hectare de vignes. On peut voir aussi dans le tableau de la commission que ces engrais liquides, comme la plupart de leurs congénères, n'ont qu'une durée annuelle, ne laissent aucune réserve au sol. Il n'en est pas de même du fumier de ferme, qui, enrichi de sels de potasse, a donné de très-beaux rendements, tout en laissant une forte réserve.

Les expériences du Mas de Las-Sorres prouvent l'inutilité des insecticides employés jusqu'ici et l'heureuse influence des bonnes fumures. Elles sont une nouvelle démonstration de ce principe agronomique si connu et si souvent mal appliqué, qu'il faut donner au sol ce qui lui manque pour la plante qu'on y cultive. Dans nos cultures intensives de la vigne, on a souvent, on a longtemps négligé ce principe. Il faut avant tout y revenir; ce sera cent fois préférable à l'application de tous ces procédés plus ou moins empiriques de guérison dont on a encombré les travaux de la commission.

La vigne exige comme toutes nos cultures de l'azote, de l'acide phosphorique et de la potasse; sur nos terres calcaires du Midi, il est inutile de parler de la chaux. On sait aussi que le soufre doit jouer un certain rôle; les cendres du fruit, des sarments, de la souche, contiennent toujours des sulfates.

Les forts rendements fournis par les carrés n°s 10 et 64 nous montrent les bons effets du fumier appliqué à la dose de 20000 kil. à l'hectare. Sur une terre épuisée, c'est la dose à recommander, sauf à la réduire progressivement les années suivantes; une addition de 100 à 200 kil. de cendres de bois ou de sulfure de potassium, ou

même de quelque autre sel de potasse, ne pourra que rendre les effets plus prompts et plus efficaces. Si l'on ne peut se procurer une aussi forte fumure, on pourra la remplacer par son équivalent en tourteaux de ricin, de colza, etc., ou par des engrais minéraux apportant au sol et par cep 50 gr. d'azote, 40 d'acide phosphorique et 40 de potasse. La dose de ces deux dernières substances pourra être diminuée si l'on connaît les ressources du sol en potasse et acide phosphorique.

Je termine en modifiant la conclusion de la commission de l'Hérault, et je dis : *Il résulte des expériences faites pendant trois années consécutives au Mas de Las-Sorres, qu'une vigne phylloxérée peut reprendre sa vigueur et donner de bonnes récoltes, si, par le sol ou par les engrais, elle reçoit de fortes fumures riches en matières azotées, en potasse et en acide phosphorique.*

LE KIRSCH D'AUVERGNE

PAR

M. TRUCHOT,

Directeur de la station agronomique du centre. Professeur suppléant à la faculté des sciences de Clermont-Ferrand.

Le *Kirschenwasser* ou *eau de cerises*, cette liqueur recherchée et d'un arome agréable, n'a été obtenue en grand jusqu'ici, dans notre pays, que dans quelques localités : l'Alsace, le Doubs, la Haute-Saône, les Vosges.

En dehors de ces lieux de production, en Auvergne, par exemple, non-seulement on ne produit pas de kirsch, mais on ignore généralement comment se prépare cette liqueur. Pourtant on y cultive le cerisier; bien plus, la petite merise noire, celle qui fournit le kirsch le plus estimé, s'y rencontre en telle abondance qu'on prend rarement la peine de la récolter; on n'utilise qu'une faible partie de ce fruit pour la confiserie et lorsqu'il se trouve à proximité du marché de Clermont-Ferrand ou des autres villes.

J'ai visité plusieurs domaines où des centaines de cerisiers se couvrent chaque année de fruits excellents qui ne servent qu'à nourrir les oiseaux.

Ce fait m'a frappé. L'Auvergne produit abondamment, comme on

sait, des fruits renommés par leur qualité et qui sont l'objet d'une industrie locale florissante. La cerise y prospère à l'égal des autres, soit dans les sols volcaniques, en général si fertiles, soit dans les sols granitiques, qui conviennent au cerisier. J'ai donc pensé que le kirsch obtenu au moyen des cerises d'Auvergne pourrait bien ne le céder en rien aux meilleurs produits de l'est, et une expérience instituée à la station agronomique du Centre a pleinement confirmé ces prévisions. De l'aveu d'un grand nombre de personnes compétentes, le kirsch d'Auvergne est excellent.

Voici comment il a été préparé :

Après complète maturité, des merises, débarrassées de leurs pédoncules, ont été broyées et introduites dans un tonneau par la bonde un peu élargie.

Elles pesaient 200 kilogrammes.

La fermentation, qui s'est établie deux jours après, était terminée au bout de quinze jours. On a alors fermé le tonneau jusqu'à la distillation, qui a eu lieu un mois et demi plus tard.

Pendant le broyage des cerises, les noyaux n'ont pas été concassés. J'ai eu, il y a quelques années, l'occasion de constater qu'en cassant un vingtième environ des noyaux, comme le conseillent certaines personnes, on obtient un kirsch plus parfumé, mais d'un parfum moins fin, moins suave que dans le cas où les noyaux restent entiers pendant la fermentation. Je conseille donc de ne point recourir à cet expédient et de se contenter de l'infusion, qui se produit naturellement, des noyaux entiers dans le liquide fermenté, c'est-à-dire de ne distiller qu'un mois ou deux après que la fermentation est complète.

On fait souvent une liqueur de table appelée *eau de noyaux* en faisant infuser des noyaux de prunelles dans de l'alcool. Or on sait que si les noyaux sont cassés, la liqueur se fait dans huit jours, et que s'ils ne le sont pas, elle exige plusieurs mois; mais on sait aussi que dans le second cas l'arome obtenu est plus délicat.

Mais pour pouvoir retarder la distillation, le vase qui contient les cerises doit être fermé, afin d'éviter l'acétification; c'est pour cela que je conseille aussi d'employer des tonneaux non défoncés et pouvant être fermés hermétiquement.

En opérant ainsi, le kirsch ne contient pas sensiblement d'acide acétique.

Dans l'Est on place ordinairement les cerises dans des cuves ou-

vertes, et on est averti que le moment de distiller est venu lorsqu'une pellicule blanchâtre recouvre le liquide. Ce voile blanc est formé de micodermes, parmi lesquels on distingue au microscope le *micoderma aceti* qui produit l'acétification.

Dans l'expérience faite à la station agronomique du centre, la levûre est restée constamment pure, sans mélange sensible de *micoderma aceti.*

La distillation a été effectuée dans un alambic muni d'un bain-marie. Ce bain-marie, le chapiteau et le serpentin étaient étamés, ce qui constitue, sans contredit, la meilleure condition possible.

Les brûleurs alsaciens ou franc-comtois prétendent souvent que le kirsch est de meilleure qualité lorsque la distillation, au lieu de se faire au bain-marie, est effectuée dans un alambic chauffé à feu nu, sauf à prendre les précautions nécessaires pour éviter que la pulpe, en s'attachant au fond, ne communique un goût de *brûlé* au kirsch. Le fait est contestable; en tout cas il semble que la grande facilité qu'offre le bain-marie et qui fait que le premier venu peut obtenir de bon kirsch, doit faire accorder la préférence à cette méthode.

Le produit fermenté, jus, pulpe et noyaux, a donc été introduit dans le bain-marie, et on a procédé à la distillation. Lorsque le liquide distillé, qui était d'abord de degré élevé, a marqué 55° centésimaux, on l'a mis à part et on a continué la distillation jusqu'à ce que le produit qui s'écoulait ne contînt plus sensiblement d'alcool, ce que l'on constate aisément en essayant de l'enflammer après en avoir versé quelques gouttes sur une partie chaude de l'alambic. La dernière portion recueillie, formant les *petites eaux*, a été rejetée sur les cerises fermentées destinées à la distillation suivante, et ainsi de suite.

100 kilogrammes de merises, débarrassées de leurs pédoncules, ont produit ainsi $9^{lit},1$ de kirsch à 55°, soit $3_k,974$ d'alcool absolu.

Le rendement sera plus élevé lorsqu'on emploiera des cerises plus grosses, fournissant plus de jus et partant plus de matière sucrée; mais ce sera sans doute aux dépens d'une partie de la qualité.

On recueille ordinairement le kirsch à un degré plus faible, à 50 ou 51° centésimaux par exemple; j'ai été conduit à le laisser à 55° pour l'obtenir très-limpide. La proportion d'essence contenue dans le kirsch d'Auvergne est considérable, et s'il ne contenait que 50 p. 100 d'alcool, il se précipiterait une certaine quantité d'huile essentielle qui le rendrait opalin. Le kirsch obtenu louche s'éclaircit sans doute par un repos prolongé; mais j'ai souvent constaté qu'il

est alors moins franc de goût et d'arome que lorsqu'il a été recueilli limpide de prime abord.

La matière sucrée contenue dans les merises employées a été déterminée au moyen de la liqueur cupro-potassique. 100 kilogrammes en renfermaient 14k,67. La théorie indique que cette proportion aurait dû fournir 7k,488 d'alcool, et comme il n'a été obtenu que 3k,974, le rendement n'a été que de 53 p. 100 du rendement théorique.

D'où peut provenir une telle différence? M. J. Boussingault l'a expliqué (1) et a montré qu'elle provenait de trois causes :

1° Perte d'alcool pendant la distillation;

2° Perte pendant la fermentation;

3° Présence dans le suc de cerises d'une matière sucrée réduisan la liqueur cupro-potassique, mais ne fermentant pas.

Cette dernière cause est d'ailleurs prédominante, car sur 100 parties de sucre accusées par le réactif, M. J. Boussingault a constaté que 38,4 provenaient d'un sucre non fermentescible.

Le kirsch obtenu à la station agronomique est suffisamment parfumé, et j'ai déjà dit qu'il renfermait une quantité d'essence telle qu'il y a précipitation de celle-ci dès que le titre alcoométrique descendait vers 50°. On sait d'autre part que l'arome spécial du kirsch provient en partie d'une petite quantité d'acide prussique qu'il contient toujours. J'ai donc cherché à déterminer cette proportion en employant le procédé de M. Buignet avec la modification indiquée par M. J. Boussingault, et qui consiste à opérer comparativement sur de l'eau pure pour déterminer la quantité de liqueur cuivrique nécessaire à la production de la coloration bleue.

La proportion trouvée a été de 0gr,06 par litre de kirsch.

Chose curieuse, cette dose d'acide prussique paraît avoir diminué sensiblement depuis la fabrication, qui date de cinq mois. Ce résultat serait-il dû à ce que pendant deux mois les vases qui contenaient le kirsch sont restés ouverts ou simplement recouverts d'un cornet de papier, afin de donner accès à l'air et de développer le parfum par une oxydation lente?

Il y a quelques mois, l'attention a été appelée par M. Boussingault (2) sur une réaction communément employée pour reconnaître

(1) J. Boussingault, *Sur la fermentation des fruits à noyaux.* (*Chimie agricole*, t. IV, p. 44.)

(2) Boussingault, *Journal de l'agriculture*, 14 novembre 1874, p. 251.

la pureté du kirsch. La teinture de gaïac où la poudre de cette résine colore instantanément en bleu, dit-on, le kirsch naturel, et ne colore pas l'alcool auquel on a ajouté par exemple de l'eau de laurier-cerise pour en faire un kirsch artificiel. Or il résulte des expériences de M. Boussingault, confirmant une observation antérieure de M. Bouis, que la coloration bleue obtenue par la teinture de gaïac n'est produite dans le kirsch que lorsque celui-ci contient des traces de cuivre provenant de l'alambic où s'est opérée la distillation.

Le kirsch d'Auvergne, préparé comme il vient d'être dit, dans des vases étamés et tenus dans un état parfait de propreté, ne bleuit pas au contact du réactif; mais il suffit d'y ajouter des traces d'acétate de cuivre pour qu'aussitôt la réaction annoncée se manifeste. Il est donc parfaitement certain, comme les observations de savants tels que MM. Bouis et Boussingault devaient le faire admettre, que cette réaction ne peut servir à distinguer le vrai kirsch du faux.

En résumé, on doit conclure de l'expérience faite en 1874 à la station agronomique du centre que l'Auvergne peut produire dans d'excellentes conditions un kirsch comparable à celui des bons crus, et il y a lieu d'espérer qu'en 1875 commenceront à se réaliser les espérances que cette épreuve a fait concevoir.

REVUE DES TRAVAUX PUBLIÉS EN ALLEMAGNE SUR LA PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE ET L'AGRONOMIE

Nous avons entrepris de tenir les lecteurs des *Annales agronomiques* au courant des principaux travaux publiés en Allemagne. Nous les traduirons parfois complétement, plus habituellement nous en donnerons un résumé. Contrairement à l'habitude généralement répandue de donner les extraits dans l'ordre chronologique de la publication des ouvrages, nous avons adopté un ordre un peu différent, qui facilitera, nous l'espérons, l'intelligence de l'ensemble des recherches exécutées sur le même sujet. Nous commençons par *la germination*, qui est à la fois le premier phénomène de la vie végétale et un des sujets que les physiologistes traitent avec une espèce de prédilection.

Nous croyons devoir déclarer que nous nous abstiendrons autant que possible de toute appréciation critique. Celles qui se trouve-

ront dans le texte appartiennent à l'auteur dont nous résumons les travaux. S'il nous fallait donner quelques explications pour faciliter l'intelligence du texte, elles se trouveront en note au bas de la page.

LA GERMINATION

I. De la formation de l'asparagine dans les poids en germination,

PAR MM. ROBERT SACHSSE ET WALTER

(*Landw. Versuchsstat.*, 1874, p. 88).

Les expériences exécutées sur les pois dénotent que la formation et la disparition de l'asparagine sont indépendantes de la lumière. Les pois ont germé sur une gaze tendue à une petite distance au-dessus de la surface de l'eau dans laquelle baignaient les radicules. Dans une première série d'expériences, les jeunes plantes étaient maintenues à l'obscurité par des enveloppes en carton noir; dans une autre série, elles étaient exposées à la lumière diffuse.

NOMBRE DE JOURS y compris un jour pendant lequel la graine a gonflé dans l'eau.	AZOTE obtenu directement.	AZOTE obtenu après l'ébullition avec de l'acide chlorhydrique, par l'hypobromite de soude.	DIFFÉRENCE entre ces deux quantités d'azote, représentant le chiffre d'azote qui correspond à l'asparagine.	ASPARAGINE dépourvue d'eau.
1re SÉRIE, A L'OBSCURITÉ. Pour 100 de plantes.				
6 jours.........	0.13	0.18	0.05	0.46
6 jours.........	0.14	0.20	0.06	0.55
10 jours.........	0.26	0.35	0.09	0.92
15 jours.........	0.30	0.58	0.28	2.68
21 jours.........	0.49	1.23	0.74	7.04
2e SÉRIE, A LA LUMIÈRE. Pour 100 de plantes.				
6 jours.........	0.16	0.23	0.07	0.69
10 jours.........	0.17	0.31	0.14	1.32
15 jours.........	0.36	0.62	0.26	2.50
21 jours.........	0.49	1.21	0.72	6.94

Le tableau précédent donne les résultats obtenus dans ces deux conditions différentes : Le dosage de l'asparagine a été fait à l'aide de l'hypobromite de soude, procédé qui avait été indiqué par M. Sachse dans le *Journal für praktische Chemie*, t. VI,

p. 118, et dans les *Landw. Veruchsstat.*, t. XVI, p. 61 (1).

Dans toutes les expériences les plantes s'étaient développées normalement, sauf dans les deux expériences interrompues après vingt-quatre jours, dans lesquelles les cotylédons complétement vidés étaient en pleine putréfaction ; pour cette raison, il ne faut pas attacher une trop grande importance aux chiffres extraordinairement élevés obtenus dans ces deux expériences. Les autres chiffres concordent avec ceux que d'autres auteurs ont indiqués avant nous : *M. Boussingault* (2) a retiré de 201 grammes de haricots germés depuis vingt jours, $5^{gr},40$ d'asparagine cristallisée, ce qui correspond à peu près à 2,4 p. 100 d'asparagine privée d'eau de cristallisation.

Voici les conclusions qu'on peut tirer de ces tableaux :

La quantité absolue d'asparagine formée dans les pois en germination est la même, que les plantes se trouvent à la lumière ou à l'obscurité. Mais comme les plantes élevées à l'obscurité n'augmentent pas de poids, elles contiennent relativement plus d'asparagine que celles qui ont été élevées à la lumière ; MM. *Piria* (3) et *Cossa* (4) sont arrivés à des résultats semblables avec la *vesce*. Quant aux opinions de *M. Pfeffer* (5), nous ne pouvons pas les juger jusqu'à présent.

Pour controler ces résultats obtenus à l'aide d'un procédé qui n'exclut peut-être pas complétement les erreurs, les auteurs ont eu recours à une autre méthode qui consiste dans le dosage de l'azote

(1) Quand on fait bouillir de l'asparagine pendant longtemps avec de l'acide chlorhydrique, elle se dédouble en acide aspartique et en ammoniaque ; on traite ensuite par la lessive de soude bromée préparée d'après les instructions de M. Knop (*Chem. Centralblatt*, 1860, p. 244, et *Zeitschr. f. analyt. Chemie*, IX, p. 225) ; il ne se dégage que l'azote de l'ammoniaque.

Supposons que nous ayons affaire à 10 grammes de pois pulvérisés ; nous les faisons bouillir pendant un quart d'heure avec 200 cc. d'un mélange à volume égal d'eau et d'alcool ordinaire ; on mèle la liqueur encore chaude avec 5 cc. d'une solution alcoolique saturée à froid de perchlorure de mercure de moitié étendue d'eau ; nous agitons et nous filtrons, nous lavons le précipité avec 200 cc. d'eau et d'alcool chauds, et ensuite trois ou quatre fois avec de l'eau froide. Le perchlorure de mercure précipite les matières albuminoïdes sans attaquer l'asparagine. Pour séparer le mercure, nous faisons passer dans la liqueur un courant d'acide sulfhydrique jusqu'à précipitation complète, et nous lavons à l'eau chaude. Ensuite la liqueur doit bouillir avec de l'acide chlorhydrique pendant 12 heures pour subir enfin le traitement par la soude brômée : 14 parties (en poids) d'azote obtenu correspondent à 132 parties d'asparagine privée d'eau.

(2) *Agronomie*, t. IV, p. 260.

(3) *Journ. f. prakt. Chemie*, XLIV, 71.

(4) *Landw. Versuchsstat.*, XV, 182.

(5) *Landw. Versuchsstat.*, XV, 118.— *Bot. Zeit.*, 1874, p. 249. — *Annales des sciences naturelles*, t. XIV, p. 391.— Voyez plus bas un court résumé du mémoire de M. Pfeffer.

des matières qui se trouvent *en dissolution* dans l'extrait aqueux. Il ne faut pas, en préparant cet extrait, s'écarter beaucoup des conditions qui se présentent dans la nature, sous peine d'arriver à des chiffres qui n'ont aucune signification physiologique ; en un mot, il faut répondre à cette question : quelles sont les matières azotées solubles renfermées dans la graine en germination? La chaleur, l'alcool, la bichlorure de mercure, ne peuvent servir; le seul réactif à employer est l'eau froide.

En filtrant une bouillie de pois préparée à froid, il est impossible d'obtenir un liquide clair. Le procédé indiqué par *M. Pribram* (1) et qui consiste à laisser déposer la liqueur dans une turbine tournant autour de son axe vertical, n'a pas donné de résultats satisfaisants. Les auteurs préparent un extrait clair en faisant passer à travers la bouillie liquide un courant d'acide carbonique lavé. Une demi-heure suffit pour que le liquide filtre parfaitement clair. Peut-être se passe-t-il là quelque chose d'analogue à ce qui se produit dans la graine.

Les poids des résidus secs ont été pour 100 de pois (mat. sèche) employés :

19,6. 21,38. 21,82. 20,34. 19,86.

à peu près 1/5 du poids total.

Les pois contiennent environ 3,5 d'azote pour 100 de matière sèche ; la cinquième ou la sixième partie de cet azote appartient à des matières solubles. Quelles sont ces matières solubles? n'y a-t-il que des matières albuminoïdes ou faut-il y chercher à côté de celles-ci des *amides?* Les auteurs ont mis à profit pour la détermination des amides l'action de l'azotate de potasse attaqué par l'acide sulfurique sur la matière azotée. (*Landw. Versuchsstat.*, p. 321.)

II. De quelques phénomènes chimiques qui prennent naissance pendant la germination de la graine de potiron.

TRAVAUX DU LABORATOIRE DE CHIMIE AGRICOLE DE L'UNIVERSITÉ DE MOSCOU, PAR M. LE PROFESSEUR N. LASKOVSKY (2).

(*Landw. Versuchsstat.*, 1874, p. 219.)

Dans l'étude chimique de la germination on peut suivre deux

(1) *Birichte d. Kön. Sachs. Gesellsch. d. Wissensch.*, 1871, p. 279. Le tiers de l'azote des matières azotées solubles appartient, d'après ces nouvelles recherches, à des acides.

(2) Un travail étendu sur le même sujet paraît en langue russe.

voies différentes : opérer dans une atmosphère limitée dont on détermine la composition après l'expérience ; faire germer les graines à l'air libre et doser les différents éléments dans la graine même. Tandis que cette dernière méthode ne peut pas donner une idée nette de l'échange des gaz qui a lieu entre la graine et l'atmosphère, la première a un autre inconvénient très-grave : pendant la germination, la graine absorbe de l'oxygène et dégage de l'acide carbonique, de sorte que l'atmosphère se vicie très-vite et doit entraver la marche régulière de la germination. Dans les expériences de M. Schultz, par exemple, l'air, après la germination, renfermait parfois 70 pour 100 d'acide carbonique.

L'auteur combine ces deux méthodes en dosant directement l'acide carbonique et l'eau émis pendant la germination et en faisant ensuite l'analyse élémentaire de la graine.

L'appareil dont il se sert consiste en une cloche tubulée dont la tubulure est fermée par un bouchon percé de trois trous, deux pour les tubes adducteur et abducteur, et le troisième pour le thermomètre, et en une coupe sur le bord de laquelle est fixé un anneau en laiton. La cloche peut être mastiquée hermétiquement sur cet anneau. Tout l'appareil pèse environ un kilogramme et sa capacité est de 1300 cc. Un anneau en verre supportant une lame de platine percée de trous occupe le fond de la coupe qui contient de l'eau dont le niveau dépasse à peine la lame de platine ; celle-ci reçoit les graines. L'air qui doit traverser l'appareil est préalablement débarrassé de son eau et de son acide carbonique ; à sa sortie, l'air chargé des gaz dégagés par les graines traverse deux tubes contenant du chlorure de calcium et ensuite un appareil à potasse ; deux tubes en U remplis de potasse et de chlorure de calcium doivent empêcher l'acide carbonique et l'humidité de remonter. Un aspirateur de Regnault fait circuler l'air dans l'appareil.

Redoutant les difficultés qui proviennent des graines qui ne germent pas et qui pourrissent, l'auteur a fait un choix très-sévère de ses graines ; il les a débarrassées de leurs testas et il a rejeté toutes celles qui étaient jaunâtres ou translucides ainsi que celles dont le poids était inférieur à 0gr,4 ou supérieur à 0gr,6.

Enfin il faut dire que l'auteur a tenu compte de la faible quantité d'acide carbonique qui se trouvait dans l'appareil au moment de la mise en expérience (10 millig.), de celle qui devait se dissoudre

dans l'eau (20 millig.) et de celle que les graines retenaient après la germination (25 millig.) Nous reproduisons ici deux des nombreux tableaux que donne l'auteur.

La première colonne donne la date; la deuxième, l'heure des quatre pesées; la troisième, le nombre d'heures écoulées depuis le commencement de l'expérience; la quatrième, la température; la cinquième, la quantité en milligrammes d'acide carbonique dégagé depuis la dernière pesée; la sixième, la quantité totale d'acide carbonique dégagé depuis le commencement de l'expérience; les septième et huitième, les quantités des colonnes 5 et 6 calculées pour 10 grammes de graines sèches.

DATE.	HEURE.	NOMBRE d'heures écoulées depuis le commencement de l'expérience.	TEMPÉRATURE.	ACIDE carbonique dégagé depuis la dernière pesée.	ACIDE carbonique formé depuis le commencement de l'expérience.	ACIDE carbonique dégagé depuis la dernière pesée, calculé pour 10 gr. de graines.	ACIDE carbonique dégagé depuis le commencement de l'expérience, calculé pour 10 gr. de graines.
EXPÉRIENCE I. — 19 GRAINES PESANT SÈCHES 8030 MILLIG. DU 2 DÉCEMBRE A 2 HEURES AU 11 DÉCEMBRE. DURÉE TOTALE, 216 HEURES.							
3 déc.	2	24	13-16°	29	—	36	—
4.....	6	52	»	49	78	60	96
5.....	2	72	»	51	129	64	160
6.....	3	97		75	204	93	253
7.....	5	123	»	88	292	109	362
8.....	5	147	»	119	411	148	510
9.....	7	173	»	174	585	216	726
11.....	2	216	»	291	876	362	1088
EXPÉRIENCE III. — 17 GRAINES DE 6947 MILLIG. POIDS SEC.							
10 janv.	12	19	25°	51	—	73	—
11.....	2	45	25	158	209	227	300
12.....	3	70	20	123	332	177	477
13.....	2	93	16	138	470	198	675
14.....	2	117	17	133	603	191	866
15.....	1	140	17	167	670	240	1106
16.....	2	165	19	211	881	303	1403
17.....	1	188	16	228	1109	328	1737
18.....	4	215	16	253	1362	364	2101

Plus la germination avance, et plus le dégagement d'acide carbonique est abondant, surtout lorsque la température est élevée. Cette circonstance n'avait pas échappé à de Saussure, et M. Fleury (1)

(1) *Annales de chimie et de physique*, 4e série, t. IV, 47, p. 1.

l'indique aussi en s'appuyant sur une seule expérience sur le ricin, dans laquelle les graines ont pourri. A mesure que la germination avance, des quantités de plus en plus considérables de matériaux de réserve sont attaquées, et il se forme un nombre rapidement croissant de jeunes cellules; il est évident que dans ces conditions la respiration doit devenir de plus en plus active. L'influence de la température sur la germination est extrêmement marquée; on sait que pour chaque espèce il y a une température maxima et minima au delà desquelles les graines ne germent plus. D'après M. Sachs (1), ces températures sont pour le potiron 13°,7 et 42°. L'auteur a évité d'opérer ses germinations dans le voisinage de ces températures extrêmes, de peur que quelques graines, en pourrissant, ne détruisissent la valeur de toute l'expérience. Voici comment il résume les résultats des expériences sur le dégagement d'acide carbonique : « La quantité d'acide carbonique formée pendant la germination de » la graine de potiron dépend de la température, du poids de la » graine et de la durée de la germination. A température et à durée » égales, les quantités d'acide carbonique sont proportionnelles aux » poids des graines; à température égale, les quantités d'acide car- » bonique qui se développent pendant les unités de temps succes- » sives, vont en croissant. L'élévation de la température conduit à » un accroissement très-rapide des quantités d'acide carbonique » dégagé. »

Dégagement d'eau. — De Saussure dit déjà qu'il se forme de l'eau pendant la germination. Mais les seules expériences directes qui aient été tentées sont celles de MM. Oudemans et Rauwenhoff.

M. Laskovsky choisit un certain nombre de graines représentant aussi parfaitement que possible la moyenne; il les sèche dans un courant d'hydrogène, ensuite il les pèse et il obtient le poids sec moyen des graines mises en expérience. Il place un certain nombre de graines dans son appareil et il le pèse. Soit A le poids de l'appareil avec les graines, l'eau et l'air; ce poids se compose : 1 du poids de la cloche S, du poids de l'air qu'elle contient V, du poids de l'eau contenue dans la coupe et dans les graines X, et du poids sec des graines *m*. Après la germination, l'appareil a été pesé de nouveau, les jeunes plantes ont été séchées dans un courant d'hydrogène;

(1) *Lehrbuch der Botanik*, p. 636.

enfin on a déterminé les matières qui s'étaient dissoutes dans l'eau de germination (ordinairement 50 millig.). On connaissait donc le poids de la cloche avant la germination A et après la germination B, le poids sec des graines avant la germination *m* et après la germination *n*, et le poids d'eau qui avait quitté la cloche pour aller se fixer dans les tubes à chlorure de calcium *o*.

En admettant que le poids de la cloche même S et celui de l'air y contenu V n'aient pas changé pendant l'expérience, on peut calculer facilement le poids d'eau qui s'est formé pendant la germination. La quantité d'eau contenue dans les graines et dans la cloche *avant la germination* était

$$X = A - S - V - m.$$

La quantité d'eau après la germination était

$$Y = B - S - V - n + o.$$

La quantité d'eau formée pendant la germination était donc :

$$Y - X = B - A - n + o + m.$$

Cette méthode a plusieurs défauts : d'abord, quand on sèche des graines, l'eau n'est pas seule à se volatiliser; elle est accompagnée de traces de matières organiques; ensuite l'air et l'eau de la cloche contiennent de l'acide carbonique, ce qui infirme quelque peu la détermination de l'eau.

EAU FORMÉE PENDANT LA GERMINATION DES GRAINES DE POTIRON.

NUMÉRO de L'EXPÉRIENCE.	TEMPÉ-RA-TURE.	EAU formée, en millig.	EAU formée pour 10 gr. de graines sèches.	ACIDE carbonique formé pour 10 gr. de graines sèches.	RAPPORT de l'eau et de l'acide carbonique formé.	POIDS SEC des graines germées, celui des graines non germées étant 100.
VI	16°	31	43	408		98,82
XIII	11-17°	236	442	1064	1 : 2,40	97,69
III	16-25	601	805	2101	1 : 2,45	97,09
VII	16	810	1228	2488	1 . 2,00	92,23
XV	27-25	146	245	1212	1 : 4,94	96,47
IX	25	236	392	1247	1 : 3,23	97,27
XI	25-30	397	621	1481	1 : 2,38	97,56
X	25-32	864	1223	2783	1 : 2,27	95,32

Le tableau ci-dessus réunit les résultats obtenus; les expériences ont été divisées en deux séries suivant la température de la germi-

nation. La première colonne contient les quantités d'eau formées en milligrammes; la deuxième, ces mêmes quantités calculées pour 10 grammes de graines; la troisième, l'acide carbonique dégagé par 10 grammes de graines sèches; la quatrième, le poids sec des graines germées en centièmes du poids sec primitif; la cinquième, le rapport entre l'eau et l'acide carbonique formés.

A basse température, il paraît y avoir un rapport constant entre l'eau et l'acide carbonique formés : pour 1 d'eau il se forme un peu plus de 2 d'acide carbonique; au commencement de la germination, il se forme très-peu d'eau; dans l'expérience VI, non-seulement il ne s'est pas formé d'eau, mais une partie de l'eau primitive a été fixée par la graine; à des températures plus élevées, le rapport entre l'eau et l'acide carbonique formés devient plus variable, ce qui repose probablement sur une absorption plus énergique, mais irrégulière, d'oxygène par les acides gras de la graine; comme à basse température, la quantité d'eau formée par rapport à l'acide carbonique formé est plus faible, dans l'expérience X le rapport est à peu près le même qu'à basse température. MM. Oudemans et Rauwenhoff (1) ont trouvé pour la seule expérience qu'ils ont faite sur des graines oléagineuses, le rapport de 1 : 2; ils ont trouvé aussi qu'au commencement il se dégage relativement peu d'eau.

NUMÉRO do l'expérience.	TEMPÉRATURE.	POIDS SEC après la germination pour 100 de poids sec avant la germination.	ACIDE CARBONIQUE dégagé par 10 grammes de graines sèches.
VI	16°	98.22	408
XIII	16 — 17°	97.69	1064
III	16 — 25°	97.09	2101
XVIII	14 — 17°	95.85	1003
XII	15°	93.46	1733
IV	11 — 20°	94.59	2931
VII	16°	92.23	2488
XI	26 — 30°	97.54	1488
IX	25°	97.28	1267
XV	25 — 27°	96.47	1212
XIV	25 — 27°	95.66	2413
X	25 — 32°	95.32	2783
XVI	30 — 32°	94.89	2689
V	25 — 28°	93.67	3588

(1) *Linnæa*, t. XIV, p. 223.

Matière sèche. — A mesure que la germination avance, la graine perd du carbone et de l'hydrogène; or, comme la quantité d'hydrogène dégagé est très-faible et qu'il ne se perd probablement pas d'azote, on pourrait croire que la perte de poids sec est proportionnelle à la quantité d'acide carbonique dégagé. Il n'en est rien pour les graines oléagineuses, parce que pendant la germination les germes absorbent toujours de l'oxygène en quantités tellement irrégulières que ce rapport est troublé.

Le tableau précédent met en regard la perte de matière sèche et la quantité d'acide carbonique.

Résultats de l'analyse élémentaire.

Si le carbone et l'hydrogène ne s'échappent que sous la forme d'acide carbonique et d'eau, il faut que les pertes de carbone et d'hydrogène obtenues par l'analyse élémentaire soient identiques avec les quantités observées directement. S'il n'en était pas ainsi, il faudrait en conclure que les méthodes employées sont défectueuses, ou bien, dans le cas où les pertes observées par l'analyse seraient plus élevées, qu'il se forme pendant la germination ou pendant la dessiccation d'autres corps renfermant du carbone et de l'hydrogène.

Le tableau suivant réunit tous ces résultats; il donne la perte de carbone et d'hydrogène obtenue par l'analyse élémentaire, et tout à côté celle qui a été observée directement; la dernière colonne expose les différences. Ainsi, par exemple, nous voyons pour l'expérience III :

Perte de carbone observée par l'analyse.....	385 millig.
— hydrogène —	42

et plus loin :

Carbone de l'acide carbonique..............	371
Hydrogène de l'eau......................	67
Les différences sont, pour le carbone.......	+14
— pour l'hydrogène......	—25

Comme M. Fleury l'a montré pour d'autres graines oléagineuses, la quantité pour cent aussi bien que la quantité relative de carbone diminue progressivement. Cette diminution relative en carbone tient uniquement à l'absorption de l'oxygène, qui, comme le montre l'expérience VI, ne paraît pas avoir lieu pendant les premiers jours. Elle ne semble commencer que lorsque les glycérides neutres

NUMÉRO de L'EXPÉRIENCE et température.	ANALYSE ÉLÉMENTAIRE pour 100.					POIDS sec avant la germination. Millig.	POIDS sec (1) après la germination. Millig.	POIDS sec après germination, de poids sec avant germination étant 100	PERTE en millig.		Az millig.	O millig. absorbés.	CO_2 millig.	H de HO millig.	DIFFÉRENCE en millig.	
	C	H	Az	Cendres	O				C	H					C	H
Graines non germées...	60,76	8,70	5,80	3,02	21,63	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
VI. 16°	60,30	8,88	6,15	3,05	21,62	7081	6997	98,22	85	+ 2	20	—20	79	— 3	6	1
III. 16-25°	56,47	8,38	6,04	3,08	26,03	6947	6794	97,07	385	42	+ 8	265	371	67	14	—25
VII. 16°	55,40	8,02	6,24	3,21	27,13	6838	6416	92,23	600	88	+ 4	263	464	93	136	— 5
IV. 16-22°.7	54,74	8,20	6,09	3,14	27,83	6361	6081	94,59	533	61	+ 1	316	514	56	19	5
IX. 25°	57,93	8,32	5,90	3,08	24,77	6011	5892	97,28	239	39	1	159	208	26	31	13
X. 25-32°	55,51	8,21	6,36	3,20	26,72	7060	6646	95,32	601	76	+13	249	540	96	61	—20
V (2) 25-28°	54,45	7,65	6,09	3,16	28,65	5909	5575	93,67	554	94	— 3	319	574	87	—20	7

(1) Poids sec, plus les poids des matières qui se sont dissoutes dans l'eau de germination.
(2) A la fin de cette expérience, deux graines commençaient à pourrir.

Les chiffres de l'analyse élémentaire sont les moyennes de deux opérations.

se dédoublent et qu'il se forme des acides gras, qui, ainsi que l'a prouvé M. Müntz (1), s'oxydent très-énergiquement.

Si on examine les variations de l'hydrogène pendant toute la durée de la germination, on remarque que la proportion centésimale diminue légèrement, sauf au commencement, où elle semble, au contra ire,augmenter.

A mesure que le carbone et l'hydrogène quittent la graine, celle-ci absorbe de l'oxygène; quoiqu'on ne puisse pas accorder une confiance illimitée aux chiffres obtenus pour l'oxygène qui a été dosé par différence, il n'en sera pas moins intéressant de comparer les quantités d'oxygène absorbé aux quantités de carbone et d'hydrogène dégagés. Il suffit pour cela de chercher par le calcul quelles seront ces quantités pour 10 grammes de graines, et nous obtenons de cette manière le tableau suivant :

NUMÉRO.	TEMPÉRATURE.	PERTE DE carbone. (Milligrammes.)	PERTE DE hydrogène. (Milligrammes.)	OXYGÈNE absorbé.	RAPPORT de l'hydrogène ou carbone. $\frac{H}{C}$	RAPPORT de l'oxygène ou carbone. $\frac{O}{C}$
VI	16°	120	+ 3	— 28	—	—
III	11 — 25°	551	60	382	9,2	1,4
VII	16°	878	126	384	7,0	2,3
IV	16 — 22°	843	95	498	8,8	1,7
IX	25°	397	64	265	6,3	1,5
X	25 — 32°	851	107	353	7,9	2,4
V	25 — 28°	937	158	539	6,0	1,7

Comme le montre la dernière colonne de ce tableau, la fixation de l'oxygène paraît être très-irrégulière.

La plupart des auteurs qui se sont occupés de la germination croient que le carbone et l'hydrogène ne quittent la graine que sous forme d'acide carbonique et d'eau, et qu'il ne se dégage pas de carbures d'hydrogène ni d'hydrogène libre. M. Fleury et M. Schultz sont de l'opinion contraire, mais dans les expériences du premier de ces deux auteurs, les graines ont pourri, et dans les expériences de M. Schultz la germination s'est opérée dans des conditions tellement anormales qu'elle perd sa force démonstrative.

Les recherches de M. Laskovsky viennent confirmer l'opinion

(1) *Ann. de chimie et de physique*, 1871.

généralement acceptée, quand on attribue à des causes d'erreur inhérentes au mode d'expérimentation les légères différences qu'indique le tableau de la page 56.

La quantité absolue d'azote reste la même pendant la germination, comme l'a déjà démontré M. Boussingault, et contrairement au travail de M. Schultz, qui dit avoir observé un dégagement d'azote libre. Il n'a pas pu se dégager d'ammoniaque : l'eau évaporée par la dessiccation était toujours acide.

Analyse immédiate de la graine de potiron. — M. Laskovsky donne pour la composition immédiate de la graine de potiron :

	M. Laskovsky.	M. Peters.
Matières grasses	54,56	49,51
Matière protéique	36,25	39,88
Dextrine	1,02	—
Cellulose	0,83	3,02
Cendres	3,02	5,10
Matières diverses	4,29	2,49
	100,00	100,00

Les graines de M. Peters ne renfermaient pas de dextrine et elles contenaient plus de cellulose ; cette différence peut bien tenir aux procédés d'analyse différents employés par les deux auteurs. M. Peters se servait pour la séparation de la cellulose d'un acide à 2 pour 100 et de potasse caustique, tandis que M. Laskovsky employait l'acide à 5 pour 100.

L'analyse immédiate des graines après la germination fournit les résultats suivants :

	V	IX	III	VIII	VII	X	IV	V
Matières grasses.	52.16	45.87	48.97	36.34	34.85	34.66	33.54	28.31
Sucre	0.50	—	—	—	—	—	1.32	7.82
Dextrine	0.93	—	—	—	—	—	2.61	
Amidon	traces	—	—	—	—	—	2.02	
Cellulose	0.93	2.41	2.41	2.55	3.95	3.76	3.54	3.95
Mat. protéiques.	39.56	36.87	37.75	39.52	39.60	39.75	38.06	38.06
Cendres	3.05	3.08	3.08	3.08	3.21	3.20	3.14	3.16
Mat. diverses	3.74	—	—	—	—	—	15.78	18.70
	100.00						100.00	100.00

Dans ce tableau les expériences sont rangées d'après la richesse en matières grasses ; cet ordre coïncide avec celui du développement des

germes. Plus la germination est avancée, moins la graine contient de matière grasse; la quantité d'hydrates de carbone augmente dans le même rapport, et on peut admettre que ceux-ci se forment aux dépens des matières grasses; la quantité des matières extractives suit également une progression ascendante.

Quant aux matières azotées, elles deviennent d'abord solubles et elles s'oxydent ensuite. Parmi les produits d'oxydation des matières azotées, il faut citer l'asparagine, dont l'existence dans les graines germées de potiron a été niée par M. Dessaigne et M. Chautard (1), mais que l'auteur de ce mémoire a trouvée à l'aide du procédé de M. Sachsse (2). Il a vu qu'à basse température il se forme très-peu d'asparagine, mais qu'à une température plus élevée il s'en forme des quantités notables, surtout lorsque la germination dure longtemps.

Voici, en résumé, les principaux résultats du travail de M. Laskovsky :

1. La quantité d'acide carbonique dégagée par les graines de potiron pendant la germination dépend de la température, du poids de la matière sèche des graines et de la durée de la germination. Connaissant ces trois facteurs, on peut déterminer à priori la quantité d'acide carbonique dégagée.

2. L'élévation de la température produit un dégagement d'acide carbonique très-exagéré.

3. Pendant la germination il se forme de l'eau; la quantité d'eau formée paraît être plus considérable à basse température qu'à température élevée.

4. Il ne paraît pas exister de rapport constant entre le carbone et l'hydrogène dégagés.

5. Le carbone et l'hydrogène ne quittent la graine que sous les formes d'acide carbonique et d'eau. La quantité d'azote contenue dans la graine paraît rester la même pendant la germination.

6. Il paraît exister un rapport constant entre les quantités de matières grasses disparues, de cellulose formée et d'acide carbonique dégagé.

7. Il est probable qu'il se forme de l'asparagine pendant la germination de la graine de potiron, et la formation de l'asparagine paraît dépendre de la température.

(1) *Sachs. Lehrb. d. Bot.*, p. 627.
(2) *Landw. Versuchsstat*, — XVI, p. 16.

III. De l'influence de la lumière sur la régénération des matières albuminoïdes aux dépens de l'asparagine formée pendant la germination,

PAR M. PFEFFER.

(*Bot. Zeit.*, 1874, p. 241.; *Annales des sc. nat.*, 5e série, t. XIX, p. 391).

Dans un travail antérieur intitulé : *Recherches sur les corps protéiques et le rôle de l'asparagine pendant la germination des graines.* (*Jahrb für wissensch Botanik*, VIII, 1872, p. 530), l'auteur s'était efforcé de faire voir que l'asparagine est la forme sous laquelle les matières protéiques quittent la graine en voie de germination et vont se fixer dans les différentes parties de la jeune plante. Il doit donc y avoir deux transformations importantes : la première, des matières albuminoïdes en asparagine, et la seconde, de l'asparagine en matières albuminoïdes.

Les chiffres suivants permettent de comparer la composition de la légumine (matière protéique que l'auteur choisit comme type) et de l'asparagine :

	Légumine	Asparagine	Différence
Carbone.......	54,9	36,4	+ 28,5
Hydrogène	8,8	6,1	+ 2,7
Azote.........	21,2	21,2	0
Oxygène......	30,6	36,4	— 5,8

Dans la construction de ce petit tableau on est parti d'une même quantité d'azote; en effet, la quantité d'azote ne varie pas beaucoup dans une graine qui germe.

On voit que quand la légumine se transforme en asparagine il se dégage du carbone et de l'hydrogène, et que de l'oxygène est absorbé. Comment le carbone et l'hydrogène quittent-ils la graine ? Il est probable que ce phénomène se rattache étroitement à la respiration.

Mais c'est surtout la transformation inverse qui a fixé l'attention de l'auteur; il a observé qu'à l'obscurité la légumine se transforme très-bien en asparagine, mais que celle-ci ne peut pas retourner à l'état d'albumine, et que les plantes (papilionacées) qui restent à l'obscurité conservent indéfiniment leur asparagine (ceci contrairement aux observations de MM. Sachsse et Kormann).

Pour que l'asparagine puisse se transformer en albumine, il faut qu'elle absorbe du carbone et de l'hydrogène, corps qu'elle ne trouve pas dans la plante dans la plupart des cas, si celle-ci n'assimile pas.

M. Pfeffer reconnaît cependant que dans la capucine l'asparagine

se transforme en albumine à l'obscurité aussi bien qu'à la lumière. Il explique cette contradiction apparente en disant que l'asparagine s'y régénère normalement en matières albuminoïdes avant que les matériaux de réserve privés d'azote aient complétement quitté les cotylédons.

IV. La leucine accompagne l'asparagine dans le jus frais des germinations de vesce,

PAR M. V. GORUP-BESANEZ.

(*Facultät zu Erlangen*, — *Bot. Zeit*, 1864, *p.* 184.)

La leucine ainsi que la tyrosine sont des produits de dédoublement des matières albuminoïdes qui sont connus depuis longtemps dans le règne animal. L'auteur a trouvé la leucine dans les eaux mères qui avaient donné de l'asparagine et provenant de germinations de vesce; il suffit de concentrer un peu plus pour qu'elle se dépose en peu de temps sous forme de masses granuleuses composées de petites sphères et qui forment une croûte à la surface du liquide.

Dans une seconde note (*Bot. Zeit.*, 1874, p. 379), l'auteur déclare que la formation de la leucine dans les germinations de vesce est constante; elle ne se développe que pendant la germination aux dépens des matières albuminoïdes.

DE L'ESSAI DES PHOSPHATES FOSSILES CONSIDÉRÉ DANS SES RAPPORTS AVEC LES TRANSACTIONS COMMERCIALES,

PAR

M. ADOLPHE BOBIERRE,

Directeur du laboratoire de chimie agricole de la Loire-Inférieure.

C'est dans les départements de la Bretagne et du centre que l'emploi des phosphates fossiles préconisés par M. Demolon a pris tout d'abord de l'importance. Malgré la routine, les oppositions intéressées, les hésitations d'une prudence exagérée, ces précieux engrais ont rapidement conquis dans le domaine agricole la place que leur assignait leur nature. On sait, du reste, avec quelle ardeur les terrains où se rencontrent les nodules de phosphate sont aujourd'hui fouillés et soumis à de fructueuses exploitations. Mais ce qu'on ne tarda pas à reconnaître, c'est que pour un même étage géologique la richesse des nodules en acide phosphorique pouvait varier dans

de très-notables proportions. La nécessité d'une méthode d'analyse rapide s'imposait dès lors, et on comprend que, sur le terrain, des ingénieurs aient trouvé avantageux de procéder au classement de leurs échantillons en les dissolvant dans un acide énergique et traitant la dissolution obtenue par un excès d'ammoniaque. En pareil cas, on précipite en effet tout l'acide phosphorique sous forme de phosphate tribasique auquel s'ajoute une proportion d'alumine et d'oxyde de fer qui peut varier, pour le même échantillon, selon la nature de l'acide employé et le temps plus ou moins long de son action. Ce qu'on reconnut toutefois dans le cours de ces essais préalables et approximatifs, c'est que la même substance traitée à diverses reprises dans les mêmes conditions fournissait en phosphate impur une quantité sensiblement constante.

Les premiers exploitants, tout en s'éclairant par des analyses précises sur la composition des phosphates fossiles qu'ils livraient au commerce des engrais, communiquèrent les méthodes d'essai par la précipitation ammoniacale aux marchands des petites localités. Peu à peu l'habitude se répandit entre commerçants de traiter dans ces conditions. Les cours des phosphates s'établirent alors sur une base évidemment inexacte, et ce qu'on appela *degré de phosphate de chaux* s'appliqua en réalité à du phosphate impur obtenu dans les circonstances que je viens de citer. Une telle habitude a ses inconvénients, car en admettant même qu'un phosphate fossile essayé par la précipitation ammoniacale fournisse un résultat constant, il n'en est pas moins vrai que l'impureté du phosphate précipité varie selon les échantillons. Chargé, comme directeur du laboratoire de chimie agricole de la Loire-Inférieure, d'analyser des types très-nombreux de phosphates, obligé de vérifier si des livraisons considérables étaient faites conformément aux clauses des traités, j'ai bien des fois reconnu les inconvénients de la méthode d'essai dite *commerciale*, non-seulement à cause des malentendus qu'elle engendre, mais aussi parce que pratiquée en dehors de certaines règles bien fixes, elle peut donner des résultats différant quelque peu les uns des autres (1).

(1) *L'essai commercial*, aux résultats duquel sont généralement subordonnées les transactions entre négociants, consiste à prendre un gramme de matière réduite en poudre fine, à la porter au rouge sombre pendant quelques minutes, à introduire dans un tube bouché la substance calcinée et à l'additionner de 4 ou 5 centim. cubes d'acide azotique concentré. On fait bouillir pendant 4 ou 5 minutes, on étend d'eau et jette sur un filtre.

En 1870, je publiai dans les *Annales de la Société académique de Nantes*, sous le titre suivant : *De l'analyse des phosphates fossiles* un mémoire reproduit depuis dans le *Moniteur scientifique* du docteur Quesneville, et dans lequel, démontrant les inexactitudes de la méthode d'essai dite *commerciale*, je concluais à ce qu'elle fût remplacée par le dosage précis de l'acide phosphorique. Cette publication n'a pas empêché certains auteurs de m'attribuer la paternité d'une méthode dont je me suis au contraire toujours efforcé de démontrer les vices, mais qu'il est extrêmement difficile de supprimer en présence du parti pris des négociants.

J'ai cru intéressant, au double point de vue du commerce et de la chimie agricole, de rechercher les limites dans lesquelles étaient comprises les erreurs du procédé d'*essai commercial* appliqué à l'appréciation des phosphates fossiles. En publiant les chiffres qui résument mes expériences et qui complètent mon mémoire de 1860, je suis peut-être autorisé à espérer qu'on cessera de m'attribuer l'invention d'un procédé que je n'ai cessé de caractériser scientifiquement. Il n'est peut-être pas inopportun d'ajouter que les directeurs des stations agronomiques et des laboratoires d'essai ont quelquefois le devoir de vérifier purement et simplement si les clauses d'un traité ont été loyalement exécutées. Que ces chimistes aient telle ou telle opinion personnelle sur la méthode d'essai librement acceptée par les parties, cela ne les dispense évidemment pas de pratiquer cette méthode, quitte à la condamner au point de vue théorique, et pour que le lecteur puisse se rendre un compte exact des difficultés que l'on rencontre en pareille circonstance, je ne puis mieux faire que de reproduire quelques extraits des nombreuses

Celui-ci est lavé, et dans la liqueur filtrée on verse un excès d'ammoniaque, puis on agite. Le précipité est recueilli sur un second filtre, lavé à l'eau bouillante et calciné.

Certains opérateurs fournissant quelquefois des chiffres dont l'écart implique des conséquences commerciales assez sérieuses, j'ai reconnu, à la suite de recherches dont j'indique plus loin les conclusions, que les différences de *degré* peuvent tenir 1° à la variabilité de finesse de la poudre attaquée par l'acide; 2° à la concentration de cet acide; 3° à l'habitude contractée par l'essayeur de faire agir l'acide sur un phosphate en nature ou *préalablement calciné*.

Il est facile de comprendre que le mode opératoire que j'ai décrit en premier lieu et qui est le plus généralement employé en Bretagne, donne les chiffres les plus faibles, *donc les moins éloignés de la vérité*. Plusieurs négociants en phosphates connaissent au surplus les conséquences de la calcination préalable sur la solubilité ultérieure dans l'acide azotique, aussi mentionnent-ils formellement dans leurs traités que l'essai se fera « sans calcination préalable ».

pièces qui font partie des archives du laboratoire de la Loire-Inférieure (1).

Les déterminations d'acide phosphorique dont je vais reproduire les chiffres ont été effectuées à l'aide de l'acétate d'urane par l'élégante méthode de M. Joulie. L'expérience que j'en ai acquise m'a donné toute confiance dans ses résultats. Les conditions dans les-

(1) Monsieur le directeur du laboratoire de chimie agricole, Nantes.

Nous avons l'honneur de vous donner avis que nous vous adressons deux échantillons de phosphate fossile, avec prière de vouloir bien nous en faire connaître la richesse en *phosphate mixte* précipitable par l'ammoniaque.

Monsieur,

Je viens de recevoir du laboratoire public de chimie agricole le résultat de l'analyse nº 944. Je dois vous faire observer que le fabricant qui m'a livré le phosphate que j'ai vendu m'a garanti un dosage de 50 % à l'*analyse commerciale*.

Je ne comprends pas ce que signifie votre mention : Acide phosphorique 14,75.

Monsieur,

Nous trouvons, à notre retour d'un petit voyage, votre lettre du 25 courant, et vous sommes très-reconnaissants des renseignements que vous avez bien voulu nous donner. Nous ne pouvons toutefois avoir de difficultés sérieuses avec M. B.... sur le mode d'analyse de nos phosphates, puisque dans toutes nos lettres à cet acheteur, en cas de désaccord sur les dosages, il n'est question que d'*analyses commerciales* à faire par vous, monsieur, qu'à cet effet nous avons choisi et proposé. Nos phosphates riches *analysés commercialement*, comme nous en sommes convenus, doivent doser de 62 à 70 % de phosphate.

Monsieur,

Il résulte de votre lettre que si les échantillons analysés par vous l'avaient été *commercialement*, ainsi que le stipulent nos conventions avec M. B...., le titre était bien celui que nous avons promis; mais M. B... vous a fait faire un dosage d'acide phosphorique qui vous a donné 26,80 %, soit 58,50 de phosphate tribasique au lieu de 67 à 68 de phosphate mixte précipité par l'ammoniaque. Vous reste-t-il encore assez de ces farines pour refaire, mais *commercialement* cette fois, une analyse ?

Monsieur,

Répondant à votre honorée du 2 courant, nous vous prions d'effectuer une analyse *commerciale* de nos phosphates, c'est-à-dire en précipitant par l'ammoniaque.

Ainsi que vous le constatez, nous reconnaissons que cette méthode d'analyse est vicieuse; mais comme elle est généralement employée en France pour les phosphates fossiles, nous nous voyons obligés, pour soutenir la concurrence, de l'employer également.

Mon cher monsieur,

. . . .

En attendant qu'on emploie une méthode rationnelle, exacte, celle de M. Joulie par exemple, je continuerai à faire mes marchés dans le sens que vous connaissez. Si défectueuse que soit cette méthode, dès l'instant qu'elle est adoptée de bonne foi par les deux parties et que les intéressés ont réciproquement donné connaissance au chimiste du mode convenu entre eux, pourquoi le chimiste ne s'y conformerait-il pas? Il n'y a dans ce cas d'autre responsabilité morale pour lui que s'il était commis une erreur dans l'opé-

quelles je l'applique ne diffèrent que par des détails presque insignifiants de celles décrites par M. Joulie (*Moniteur scientifique* de Quesneville, 1872, page 212). La *correction* de ma liqueur d'urane est faite à la température de l'ébullition, sur 75 centimètres cubes de liquide et en présence de 5 centimètres cubes de la solution acétique d'acétate de soude. L'échantillon de phosphate fossile à analyser est employé sous le poids de 2 grammes dissous à chaud dans l'acide azotique, et la solution jetée sur un petit filtre en papier clair est rapidement amenée par le lavage du filtre au volume de 200 centi-

ration faite dans son laboratoire........ Dès l'instant qu'il est stipulé dans notre traité que l'analyse de la matière sera faite « *à l'état normal, par dissolution dans un acide, précipitation par l'ammoniaque et calcination du précipité* », le chimiste doit se conformer à cette formule, sinon il laise les intérêts de l'un et favorise ceux de l'autre.

Du même.

Notre traité avec M. L... porte : Vendu 9 centimes le degré de phosphate précipité par la méthode d'analyse dite *commerciale*, c'est-à-dire « *dissolution dans un acide et précipitation par l'ammoniaque* ». Nous devons donc nous renfermer dans ce mode, et n'avons pas à nous inquiéter de la défectuosité qu'il peut présenter. Nous devons nous renfermer en un mot dans l'esprit et dans la lettre de notre traité, autrement j'aurais vendu à un prix plus élevé que 9 centimes le degré, si ce degré avait dû être déterminé par une autre méthode.

Monsieur,

M. D.... me remet votre analyse. Un procès est imminent. Dans le cas où votre analyse serait *chimiqae*, donnez-moi le résultat *commercial*.

Monsieur,

Dans votre rapport au tribunal vous dites que j'ai prétendu avoir du phosphate de chaux *chimiquement pur*.

Il y a là une erreur.

La convention porte : Phosphate à l'*analyse commerciale*, et, dans une précédente expertise, j'avais réclamé ce mode d'analyse. Je ne pouvais donc demander que du phosphate de chaux à l'analyse commerciale, sachant très-bien que le précipité contient en pareil cas du phosphate de fer et d'alumine. En somme je n'ai pas demandé le dosage de l'acide phosphorique, et il s'est produit un malentendu *qu'il m'importe* d'expliquer.

Veuillez agréer, etc.

A ces passages qui émanent de négociants de bonne foi, je pourrais ajouter des extraits non moins nombreux de prospectus imprimés dans lesquels le mode d'essai *commercial* des phosphates fossiles est minutieusement indiqué. Ces prospectus contiennent le plus souvent des indications analogues aux suivantes.

1° *Dosage garanti :* les minimum ci-dessus spécifiés (44 ou 45 ou 48 de phosphates) par 100 parties séchées à 104° à l'analyse par dissolution acide et précipitation par l'ammoniaque.

2° Le tout garanti à l'analyse commerciale (à l'état sec et par la précipitation par l'ammoniaque).

3° Je vends mes phosphates au dosage garanti de 40 à 44, 45 à 50, 60 à 70 %, analyse par l'acide et l'ammoniaque sur 100 de matière séchée.

mètres cubes. L'essai a lieu sur 10 centimètres cubes de ce liquide qui contiennent 10 centigrammes d'engrais. J'emploie l'excellente burette à soupape de Salleron, instrument trop peu connu et dans la construction duquel n'entre ni pince de Mohr ni caoutchouc (1). Enfin je trouve très-grand avantage à graisser avec un mélange de suif et d'huile d'olive une plaque rectangulaire de porcelaine avant d'y déposer les gouttelettes de prussiate de potasse (2). Si la matière grasse a été appliquée d'une manière convenable par un mouvement circulaire de l'index, si elle ne présente pas de sillons, les gouttes ne s'étalent pas, se forment en sphéroïdes, et se prêtent admirablement à la réaction de l'urane en excès. J'ajouterai que le double essai auquel je procède *toujours* est le plus souvent suivi de la pesée du phosphate d'urane des deux dosages, réuni sur un seul filtre.

Les chiffres suivants sont de nature à donner une idée de la concordance des résultats obtenus par l'emploi du nitrate d'urane.

Phosphate du Rhône.	Joulie.	Striedler.	Bobierre.	Moyenne.
Acide phosphorique	21,78	21,75	21,79	21.77
Phosphate de Lot-et-Garonne.	Striedler.		Bobierre.	
Acide phosphorique	30,65	»	30,60	30,62

J'ai dit que la méthode *commerciale* donnait des chiffres quelque peu différents, selon les chimistes qui la pratiquaient. Voici, à cet égard, quelques exemples significatifs.

DIFFÉRENCES CONSTATÉES DANS DES TITRAGES DE PHOSPHATES FOSSILES EFFECTUÉS PAR LA MÉTHODE D'ESSAI COMMERCIAL DANS DIVERS LABORATOIRES.

	NANTES	NANTES	NANTES	RENNES	GRANDPRÉ	LYON	ÉCART MAXIMUM
Phosphate mixte mentionné sur le bulletin d'essai ..	47	47	46.9	48.2	49	»	2.1
Idem.........	48	48.1	»	50	50.1	»	2.1
Idem.........	52.5	53	»	55	55.0	»	2.5
Idem.........	45	44.8	45.1	»	»	»	0.3
Idem.........	38	37.5	37.9	38.5	»	»	1.0
Idem.........	48	»	»	»	»	46.7	1.3

(1) Il est presque superflu de mentionner que la burette Salleron a été défavorablement appréciée par Mohr dans sa dernière édition. On devait s'y attendre.

(2) La dissolution de ce réactif doit être très-souvent renouvelée; en vieillissant elle perd de sa sensibilité.

PHOSPHATE MIXTE PRÉCIPITÉ PAR L'AMMONIAQUE DANS UNE DISSOLUTION DE PHOSPHATE FOSSILE OBTENUE AU MOYEN DE L'ACIDE AZOTIQUE.

PROVENANCE.	ON A EMPLOYÉ de l'acide concentré.		ON A EMPLOYÉ de l'acide étendu de 2 fois son volume d'eau distillée.		ÉCART MAXIMUM.
	PHOSPHATE fossile préalablement calciné.	PHOSPHATE fossile à l'état naturel.	PHOSPHATE fossile préalablement calciné.	PHOSPHATE fossile à l'état naturel.	
ARDENNES. Moyenne de cinq essais.					
Argile et sable.........	41.10	43.40	43.20	44.80	1.3
Phosphate mixte précipité par l'ammoniaque.	38.70	38.60	39.40	39.90	
Complément...........	20.20	18.00	17.40	15.30	
	100.00	100.00	100.00	100.00	
PROVENANCE INCONNUE.					
Argile et sable.........	13.30	12.70	12.50	12.70	4.7
Phosphate mixte.......	62.50	62.70	66.20	67.20	
Complément...........	24.20	24.60	21.30	20.10	
	100.00	100.00	100.00	100.00	
GRAND PRÉ.					
Argile et sable.........	»	25.70	»	25.80	2.0
Phosphate mixte.......	»	52.00	»	54.00	
Complément...........	»	22.30	»	20.20	
	»	100.00	»	100.00	
PROVENANCE INCONNUE.					
Phosphate mixte	»	40.80	»	42.00	1.2
BOULONNAIS.					
Argile et sable.........	36.50	37.90	»	»	1.0
Phosphate mixte.......	43 20	44.20	»	»	
Complément...........	20.30	17.90	»	»	
	100.00	100.00	»	»	
MÊME PROVENANCE.					
Argile et sable.........	39.99	42.20	»	»	0.7
Phosphate mixte.......	39.70	40.40	»	»	
Complément...........	20.31	17.40	»	»	
	100.00	100.00	»	»	

Comme je l'ai déjà dit, les différences dépassant 2 s'expliquent par l'emploi de l'acide azotique dans des conditions variables de dilution et dans le rejet d'une calcination préalable.

Je vais désormais préciser au moyen de chiffres suffisamment contrôlés les différences auxquelles je viens de faire allusion. Il me suffira pour cela de reproduire les résultats d'expériences faites sur des phosphates identiques que j'attaquais tantôt par l'acide azotique concentré, tantôt par l'acide étendu dont l'action s'exerçait d'ailleurs sur une substance calcinée ou à l'état naturel.

On voit à l'inspection de ce tableau que l'influence de la dilution de l'acide azotique peut être considérable. La calcination préalable du fossile à analyser mérite également de fixer l'attention, et il n'est pas contestable qu'en traitant comme ils le font le plus souvent sur les bases de la *méthode commerciale*, les marchands d'engrais aient intérêt à en spécifier rigoureusement le *modus agendi*.

La calcination au rouge sombre effectuée pendant quelques minutes modifie-t-elle sensiblement l'état de l'acide phosphorique de l'engrais en constituant un pyrophosphate? Je ne le crois pas, du moins dans ces conditions. Au reste, voici les chiffres d'un dosage fait en vue de résoudre cette question.

	Matière non calcinée.	Matière calcinée.
Argile et sable	45,19	45,14
Acide phosphorique dosé par l'urane en volume et en poids	9,97	10,00
Phosphate tribasique	21,76	21,83

Les différences observées ne sont pas telles qu'il y ait lieu, au point de vue agricole, d'y attacher de l'importance.

Il m'a semblé indispensable d'établir bien nettement l'écart offert par la détermination précise de l'acide phosphorique et l'emploi de l'essai commercial. J'ai nécessairement effectué ce dernier essai dans les conditions où il donne les chiffres les moins inexacts, c'est-à-dire les plus faibles. En un mot, j'ai constamment soumis le phosphate fossile préalablement soumis au rouge sombre pendant cinq minutes, à l'action prolongée pendant le même temps d'acide azotique concentré.

Dans un premier tableau j'ai réuni les richesses se rapportant aux phosphates fossiles le plus généralement livrés à l'agriculture.

PHOSPHATES FOSSILES EXTRAITS DE L'ARGILE DU GAULT, PROVENANT DES ARDENNES, DE LA MEUSE, DE LA MARNE ET DU BOULONNAIS.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	MOYENNE.
Argile et sable........	39.20	45.00	29.70	30.90	22.40	33.20	33.10	29.37	39.20	42.00	35.10	34.90	32.00	31.50	33.00	28.70	31.70	33.52
Précipité par l'ammoniaque (méthode commerciale).............	41.20	31.00	47.90	45.70	54 80	48.20	48.29	48.00	41.20	39.90	45.70	45.90	48.10	47.00	44.90	50.00	46.50	45.54
Phosphate de chaux réel correspondant à l'acide phosphorique dosé par l'urane............	34.00	22.79	42.41	40.00	43.00	40.00	40.02	36.34	34.00	30.00	37.70	36.00	40.10	37.20	35.30	41.00	38.00	36.93
Acide phosphorique....	15.57	10.45	19.45	18.34	20.00	18.30	18.36	16.67	15.57	13.76	17.30	16 51	18.34	17.06	16.19	18.80	17.40	16.94
Différence en plus sur le phosphate par la méthode commerciale...	7.20	8.21	5.49	5.70	11.80	8.20	8.27	11.66	7.20	9.90	8.00	9.90	8.00	9.80	9.60	9.00	8.10	8.61

PHOSPHATES FOSSILES EXTRAITS DE L'ARGILE DU GAULT, PROVENANT DE LA MEUSE, DES ARDENNES OU DE L'AIN.

(Variétés riches en acide phosphorique.)

	MEUSE. 1	MEUSE. 2	MEUSE. 3	MEUSE. 4	MEUSE. 5	MEUSE. 6	ARDENNES. 7	ARDENNES. 8	 9	 10	AIN. 11	AIN. 12	 13	AIN. 14	 15	MOYENNES.
Argile et sable......	29.70	13.20	22.70	30.90	11.70	15.06	12.70	12.50	18.90	15.00	12.00	27.25	30.50	25.40	24.30	»
Précipité par l'ammoniaque (méthode commerciale).....	47.90	59.50	53.40	45.70	64.20	58.70	62.50	60.70	58.90	58.70	57.70	56.00	56.10	64.70	59.00	57.33
Phosphate de chaux réel correspondant à l'acide phosphorique dosé par l'urane	42.41	54.67	47.96	40.00	56.00	49.15	55.80	56.00	50.00	49.09	52.10	48.90	49 60	54.36	52.00	50.40
Acide phosphorique..	19.45	25.80	22.00	18.34	25.70	22.50	26.60	29.69	23.00	22.52	23.90	22.44	22.95	24.94	23.85	23.11
Différence en plus sur le phosphate par la méthode commerciale............	5.49	4.83	5.44	5.70	8.20	9.55	6.70	4.70	8.90	9.61	5.60	7.90	6.50	10.34	7.00	6.93

L'écart moyen des deux méthodes entre le phosphate tribasique de chaux réel et le phosphate mixte précipité par l'ammoniaque est donc pour les 17 résultats obtenus égal à 8,61, et dans certains cas, rares à la vérité, il dépasse 11. En général je regarde le chiffre 9 comme assez propre à le caractériser lorsqu'il s'agit de la catégorie de phosphates fossiles mentionnés dans ce tableau.

S'agit-il maintenant de variétés plus riches en acide phosphorique, voici (page 70) des résultats d'analyses propres à caractériser l'intensité de l'écart.

Il résulte des chiffres reproduits dans ce dernier tableau que l'inexactitude de l'essai commercial diminue lorsqu'il s'agit des fossiles riches. Toutefois, bien que le chiffre moyen qui la représente ait presque atteint 7 pour 15 échantillons examinés, il s'est élevé une fois à 10,34 et a dépassé 9 deux fois.

Les phosphorites du Languedoc étudiées comparativement ont fourni les résultats que je reproduis ci-dessous.

PHOSPHATES DU LANGUEDOC. — RÉSULTATS COMPARATIFS OBTENUS PAR LE DOSAGE DE L'ACIDE PHOSPHORIQUE ET LE PROCÉDÉ COMMERCIAL.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Phosphate de chaux déduit de l'acide phosphorique dosé. ...	70.3	72.05	74.0	67.9	55.8	48.0	58.2	56.70
Phosphate mixte précipité par l'ammoniaque.	77.8	78.60	80.3	73.7	60.7	55.7	64.7	65.60

Moyenne du phosphate de chaux tribasique déduit de l'acide phosphorique dosé	61.62
Moyenne du phosphate mixte obtenu par la précipitation ammoniacale	69.63
Différence	8.01 (1).

Un phosphate fossile exceptionnellement riche en carbonate calcaire et qui m'a été envoyé de Grandpré (Ardennes) par M. Desailly a fourni 50,50 de précipité mixte par l'ammoniaque. Il renfermait en réalité :

(1) Pour les variétés riches, j'ai souvent observé que la différence était comprise entre 6 et 7.

Eau	1,00
Sable siliceux	1,00
Phosphate tribasique de chaux	41,34
Alumine et oxyde de fer	8,16
Carbonate de chaux, etc	48,50
	100,00

Ici l'écart s'élevait à 9,16, dépassant de 1 la dose d'alumine et d'oxyde de fer offerte par l'analyse de l'engrais.

Je n'insisterai pas sur les essais comparatifs de certains types que je pourrais citer, tels que ceux de Navassa, Malden-Island, Nassau, Logrosan, etc. Aussi bien, l'intérêt de la question réside surtout dans les conséquences qu'entraîne l'emploi de la méthode dite commerciale pour les transactions chaque jour plus importantes, dont le phosphate fossile du Gault est l'objet. Il est certain qu'il serait plus normal et plus convenable à bien des égards d'établir ces transactions sur l'appréciation pure et simple de l'acide phosphorique. Sur ce point tous les chimistes seront d'accord. Ce que reconnaîtront également les agronomes initiés à la question qui fait l'objet de ce travail, c'est qu'un extracteur de phosphate n'enfreint en quoi que ce soit les lois de la probité lorsque, spécifiant que ses produits seront soumis à l'essai *commercial*, il établit pour le phosphate mixte obtenu par l'ammoniaque un prix proportionnel à sa vraie richesse en acide phosphorique (1).

Ce qui est coupable et ce qu'on ne saurait trop signaler à la sévérité de l'opinion, ce sont ces industries interlopes qui ont pour objectif l'adultération des phosphates fossiles par leur mélange avec de la tangue, des polypiers calcaires, du sable de rivière, de la poussière de tuf et enfin du schiste verdâtre tel que celui dont l'exploitation de Bahurel près Redon offre un si triste spécimen.

Cette dernière substance, pulvérisée à Saint-Nicolas de Redon et débitée sur une large échelle en Bretagne, a la composition bien connue des schistes de cette nature, mais il m'a paru digne d'intérêt de la soumettre à cet essai commercial dont j'ai démontré plus haut les inexactitudes. Voici ce que j'ai obtenu (2) :

(1) J'ai quelquefois vu des acheteurs peu délicats qui tentaient de spéculer sur la différence des méthodes d'essai, et qui, après avoir formellement accepté des prix basés sur l'essai commercial, élevaient la prétention d'appliquer ces mêmes prix à la richesse en phosphate tribasique pur. Dans d'autres cas, j'ai constaté de réels malentendus.

(2) Il est bien entendu que cet essai a été pratiqué dans les conditions ordinaires,

	Mat. non calcinée.	Mat. calcinée au rouge.
Résidu insoluble dans l'acide nitrique..	90.0	90.1
Alumine, oxyde de fer, etc., précipités par l'ammoniaque................	5.3	3.5
Complément......................	4.7	6.4
	100.0	100.0

Essai d'un mélange de 20 p. 100 de schiste de Bahurel et de 80 p. 100 de phosphate fossile

	Mat. calcinée.
Matières volatiles au rouge sombre..............	5.00
Résidu insoluble dans l'acide nitrique...........	26.10
Phosphate mixte précipité par l'ammoniaque......	43.80
Complément................................	25.10
	100.00

Le phosphate fossile essayé par la méthode commerciale fournissait :

Matières volatiles au rouge sombre..............	5.8
Argile et sable................................	38.2
Phosphate mixte par l'ammoniaque.............	53.4
Complément................................	22.6
	100.00

Or le mélange renfermant 80 p. 100 de phosphate fossile à 53,4 p. 100 eût dû fournir 42,72. L'intervention du schiste n'avait causé qu'une augmentation de 1,10 p. 100.

Plusieurs mélanges effectués dans des proport ionsde 12 à 40 p. 100 de schiste ont fourni des résultats toujours proportionnels à la quantité de matière ajoutée; en un mot, et malgré son imperfection, l'essai par la méthode commerciale appliquée dans les conditions nécessaires, a permis de déceler la présence du schiste et même sa quantité approximative.

En résumé, les nombreux essais effectués au laboratoire de chimie agricole de la Loire-Inférieure, et dont je viens de reproduire les chiffres les plus significatifs, établissent un écart de richesse de 9 p. 100 environ entre le phosphate tribasique de chaux des nodules

c'est-à-dire par une ébullition pendant 5 minutes dans l'acide azotique concentré. Mon but, en effet, était de rechercher si, même par la méthode commerciale, la présence du schiste de Bahurel ne pourrait pas être décelée.

de qualité moyenne et le phosphate mixte précipité dans l'*essai commercial* (1).

Il est extrêmement désirable que la seule méthode rationnelle — celle qui est basée sur la détermination de l'acide phosphorique — soit dans l'avenir adoptée par le commerce très-important dont le phosphate fossile est l'objet.

LA DÉFENSE CONTRE LE PHYLLOXERA.

ORIGINE DE CET INSECTE; SON EXTENSION EN EUROPE; MOYENS D'EN PRÉVENIR, D'EN COMBATTRE OU D'EN ATTÉNUER LES RAVAGES.

PAR

M. J.-E. PLANCHON,

Membre correspondant de l'Institut, professeur à la faculté des sciences de Montpellier.

L'apparition du phylloxera sur des points très-disséminés de l'Europe donne un intérêt tout particulier à ce qui concerne l'origine et le mode de diffusion de ce redoutable insecte. Quelle est sa patrie primitive? Par quelle voie directe ou détournée établit-il de lointaines colonies? Est-ce une espèce particulière à la vigne, ou peut-elle, à l'occasion, devenir nuisible aux arbres fruitiers? Par quelles mesures administratives ou autres peut-on espérer lui fermer l'entrée d'une région encore vierge de ses atteintes? Par quels procédés essayera-t-on d'en étouffer les premiers foyers d'infection, et, si cette tâche est reconnue impossible, par quels palliatifs, du moins, entravera-t-on la marche et la propagation du fléau? Enfin, une fois l'infection généralisée et les premières lignes de défense abandonnées, quelles ressources ultimes mettre en jeu pour contenir cet ennemi mortel de la vigne, soit en l'asphyxiant en masse par la submersion, soit en le décimant par l'emploi des insecticides, soit en soutenant, au moyen d'engrais énergiques, la puissance vitale des ceps, soit enfin en greffant sur des cépages américains reconnus résistants au phylloxera nos cépages délicats d'Europe, ou même, dans des circonstances données, substituant à nos cépages communs les cépages des États-Unis dont la culture directe

(1) Je veux parler ici du phosphate de chaux calculé comme correspondant à l'acide phosphorique, et non du phosphate qui préexisterait dans l'engrais à l'état naturel.

donnerait des produits supérieurs en qualité à ceux de nos variétés indigènes? Telles sont les questions que je me propose de soumettre à une discussion calme et sérieuse, non dans un esprit de controverse irritante, mais avec l'idée de dégager autant que possible du chaos des polémiques et des contradictions de chaque jour les faits qui s'imposent par leur évidence et qui servent de point de repère aux esprits droits qui cherchent avant tout la vérité. Ici, comme partout, vérité et utilité se tiennent : des idées justes sont le point de départ des explications fécondes, et la théorie et la pratique, au lieu d'être, comme on le considère trop souvent, des antagonistes, se montrent ce qu'elles sont en réalité, des alliés naturels concourant au même but et se prêtant un mutuel appui.

I. Origine du phylloxera.

Le *phylloxera vastatrix* est-il un insecte européen dont l'action sur les vignes, restée latente durant des siècles, ne serait devenue désastreuse que de nos jours? Telle est l'illusion dont se bercent de loin en loin quelques esprits optimistes. Pour ceux-là le fléau peut disparaître comme il est venu : il suffira d'un changement dans les saisons, d'une protection plus efficace aux petits oiseaux, d'une modification dans les cultures, de la multiplication plus grande des ennemis naturels ou *cannibales* du phylloxera : alors toutes choses rentreront dans l'ordre et les vignobles reprendront leur fécondité. Voyez, nous dit-on, les alternances si curieuses dans le développement excessif et la disparition presque complète de tel ou tel insecte ravageur, de la galéruque de l'orme, par exemple! Voyez ces grands faits naturels du balancement entre les êtres, dont les uns, cannibales ou parasites, font échec aux autres, dévoreurs de végétaux! Tout cela sonne bien comme raisonnement théorique, mais tout cela pèche par la base en tant qu'appliqué au phylloxera. Il faudrait d'abord prouver l'existence ancienne de cet insecte en Europe; établir ensuite qu'il n'est pas américain ; expliquer enfin par quel phénomène étrange un être inoffensif pendant des milliers d'années s'est trouvé tout d'un coup doué d'une telle puissance de destruction que sa marche *graduelle* est celle d'une armée dévastatrice, et que ses légions souterraines ou aériennes procèdent comme les épidémies, semant la mort dans les espaces qu'elles occupent, laissant la vie sur les points qu'elles n'ont pas encore atteints. Voyons sur

quels faits on a voulu fonder l'idée que le phylloxera est européen.

Voici d'abord M. Koressios, d'Athènes. Érudit plutôt qu'observateur, il croit voir le *phylloxera* dans le *phtheir* de *Strabon*, contre lequel les Grecs anciens employaient, comme les modernes, la terre ampélite, c'est-à-dire une sorte de bitume. J'étudie les textes, et rien ne m'est plus aisé que de retrouver dans le *phtheir* ou pou de la vigne, la cochenille farineuse dont les ravages n'ont pas cessé de s'exercer sur les vignes de la région de l'olivier, et qui détruisit, il y a peu d'années, des vignobles entiers en Crimée (1).

Voici M. Nourrigat, de Lunel. Encore de l'érudition tendant à prouver que la maladie des vignes appelée *gabel* (fourchette) par les Allemands, et qui sévit épidémiquement au siècle dernier sur divers points de l'Autriche, de l'Allemagne, de la France, etc., n'était autre que le phylloxera. Par l'étude même des symptômes, j'établis que la maladie en question, particulière aux terres froides, humides et mal ressuyées, n'est probablement pas autre que le *cottis* des Charentes, et en partie l'anthrachnose de Fabre et Dunal. Si quelque cause animée existe pour cette maladie, ce n'est pas un insecte, mais un mycélium de cryptogame, celui-là même peut-être que M. Schnetzler, de Lausanne, a signalé comme amenant la mort des vignes des bords du Léman (2).

Lorsque la maladie du phylloxera fit son apparition dans Vaucluse, les vignerons du pays n'y virent qu'une forme de ce qu'ils appelaient *blanquet* ou *pourridié*. Ce *blanquet* était connu de tout temps dans le Comtat et la Provence comme un mal des racines des jeunes vignes plantées sur défrichement de chênes verts. Je l'ai étudié dans le Gard, chez M. Im-Thurm, et j'ai pu découvrir la cause de la pourriture des racines de la vigne plantée dans ces conditions. C'est un mycélium (ou blanc de champignon) de nature spongieuse (non filamenteuse), que sa texture et son odeur me font présumer devoir produire un *polypore*, c'est-à-dire un champignon à chair dure dont l'amadouvier peut donner l'idée. Dans tout cela pas de traces d'insectes : c'est purement une maladie cryptogamique souterraine, ne se développant que dans des conditions spéciales et prévues.

(1) Le phthiriose ou pédiculaire de la vigne chez les anciens et les cochenilles de la vigne chez les modernes. (*Bulletin de la Soc. des agricult. de France*, n° du 15 juillet 1870, p. 247-275.)

(2) *Comptes rendus de l'Acad. des sc.*, 30 nov. 1874, t. LXXIX, p. 1234-1236.

Faut-il maintenant citer les lettres insérées dans les n°s des 16 et 27 janvier 1875 du *Moniteur vinicole*, cherchant à prouver l'existence du *phylloxera* ou du moins de pucerons destructeurs de vignes dans la Marne, entre les années 1767 et 1771? En insérant ces prétendus documents, la rédaction du journal ne se fait guère d'illusion sur leur valeur. Ces *pucerons*, aussi bien que les *mille-diables* dont il est question dans le même article, n'ont évidemment rien de commun avec le *phylloxera;* on pourra même y voir des êtres un peu fantastiques tant que leur signalement ne sera pas mieux tracé. Notons que la date de l'épidémie des vignes dans la Champagne (1767-1771) rentre dans la période citée pour la maladie appelée *gabel* en Allemagne, et que le chanvre semé dans les vignes, et auquel on attribue la guérison des ceps malades, aurait bien pu dans ce cas agir comme moyen d'absorber l'humidité surabondante au lieu de chasser les insectes, propriété qu'on lui prête gratuitement par suite d'un préjugé aussi faux que répandu.

Mais c'est peut-être trop longuement discuter une idée insoutenable. Arrivons plutôt aux preuves de l'origine *américaine* du *phylloxera*. Ces preuves sont de plusieurs genres : d'abord, l'identité absolue des phylloxeras de la vigne en Europe et en Amérique; en second lieu, l'ubiquité relative et l'existence ancienne de cet insecte aux États-Unis; puis le dépérissement fatal de nos vignes dans ce pays; enfin les preuves multipliées que l'introduction en Europe de plants enracinés de vignes américaines s'est trouvée souvent liée avec l'introduction involontaire du phylloxera.

Sur le premier point, identité absolue du *phylloxera* dans les deux mondes, je crois vraiment inutile d'insister. Les témoignages de Riley, de Signoret, de Lichtenstein, ont à cet égard une autre valeur que les assertions contraires de personnes étrangères aux études entomologiques. Je puis affirmer *de visu* que rien ne permettrait d'établir une distinction quelconque entre les phylloxeras de la vigne des deux pays; c'est, du reste, à ceux qui les déclarent différents à faire la preuve de cette assertion. La fréquence en Amérique de la forme dite *gallicole*, sa rareté relative sur les cépages d'Europe, ne sont pas des caractères spécifiques; ce sont des variations dans le mode d'existence, variations auxquelles les êtres inférieurs surtout ont depuis longtemps habitué les naturalistes, et qui n'étonnent et ne déroutent que les novices en fait d'observations entomologiques.

Bien que le *phylloxera* n'ait été décrit aux États-Unis qu'en 1854, son existence nous y est révélée vingt ans avant par un témoignage irrécusable, savoir la présence de galles phylloxériques sur des feuilles d'une vigne sauvage, *vitis monticola*, récoltée au Texas en 1834, par le botaniste suisse Berlandier. Découvertes dans l'herbier du docteur Engelmann, ces galles existent dans les divers échantillons distribués par Berlandier, dans ceux du moins du muséum de Paris et de mon propre herbier. Donc l'insecte était aux États-Unis, sur une vigne sauvage, près de trente ans avant qu'on en parlât en Europe. Dans ma conviction profonde, il y est parfaitement indigène et probablement aussi ancien que les vignes sauvages elles-mêmes.

La presque ubiquité du *phylloxera* en Amérique, depuis le Canada jusqu'à la Floride inclusivement et sur toute l'étendue comprise entre l'Atlantique et les monts Rocheux, ne saurait non plus être contestée. Riley l'a constatée directement dans le Kansas, le Jowa, l'Illinois, le Missouri, le Michigan, l'Ontario, le New-York, le New-Jersey, la Pensylvanie et le Maryland. J'ai trouvé l'insecte également dans le district de Columbia, la Caroline du Nord, l'Ohio et le Massachusets : Berlandier l'a recueilli sans le savoir au Texas ; rien ne prouve qu'il soit absent des autres États du bassin de l'Atlantique : car si MM. Berckmans, le Hardy de Beaulieu et Ravenel l'ont vainement cherché dans la Géorgie, j'ai la preuve qu'il existe dans les cultures même de M. Berckmans, puisque je l'ai trouvé, en juillet 1874, sur les racines de Taylor venues d'Augusta (Géorgie) quelques mois auparavant.

L'échec presque fatal de la culture en plein vent de nos cépages européens aux États-Unis est un fait depuis longtemps observé et de notoriété séculaire dans le pays. J'en ai rappelé les exemples les plus fréquents dans mon récent opuscule sur les vignes américaines (1); Riley en a découvert, je crois, la vraie cause en l'attribuant au phylloxera.

Mais les preuves les plus décisives et les plus directes de l'origine américaine de cet insecte reposent sur son introduction récente en Europe par l'importation de cépages des États-Unis.

(1) *Les Vignes américaines, leur culture, leur résistance au phylloxera et leur avenir en Europe*, in-12, 240 pages, Montpellier, 1875, chez Coulet, libraire éditeur, et Paris, chez Delahaye, place de l'École-de-Médecine. Pour le passage en question, voir note des pages 85-87.

Ici nous touchons au terrain brûlant de la controverse; car je vois d'avance se dresser contre mes affirmations les affirmations contraires de M. Laliman, de Bordeaux, appuyées sur une enquête d'une commission départementale de la Gironde. Je me garderai bien pourtant d'entrer dans une discussion interminable en répondant article par article aux arguments de ce long plaidoyer. Il me suffira de dire en bloc que ces arguments sont de l'ordre négatif. On constate, par exemple, que chez M. un tel ou M[me] une telle les vignes américaines n'ont pas introduit le *phylloxera*. Or les arguments de ce genre n'ont jamais qu'une valeur provisoire; ils ne sont plus rien dès que des faits *positifs* et *concordants* ont établi la vérité dont ils semblaient être la négation. Les sceptiques avaient beau jeu contre Colomb tant que l'Amérique n'était pas découverte; mais Colomb eut raison contre les sceptiques lorsque le succès eut couronné ses calculs et ses prévisions. Attachons-nous donc aux faits : nous verrons ensuite ce que valent les raisonnements.

PREMIER FAIT. Le phylloxera se montre à Bordeaux en 1867 (1). Où d'abord? Dans l'enclos de M. Laliman. Or les vignes américaines, directement importées avec leurs racines, y sont cultivées depuis 1863 (2) ou tout au moins depuis 1866. C'est de ce foyer que le mal s'est répandu graduellement sur les vignobles voisins.

SECOND FAIT. M. Borty, de Roquemaure (Gard), reçoit vers 1862 des cépages d'Amérique. Il les plante dans un enclos à côté de vignes d'Europe. En 1873, le hasard fait découvrir l'existence de ces cépages exotiques dont plusieurs, grâce à leur résistance au phylloxera, sont restés luxuriants, à côté de vignes françaises mortes ou malades. Or, dans l'intervalle, les vignobles environnants de Pujault et de Roquemaure sont décimés par la maladie. En rapprochant ce fait du précédent, n'est-il pas permis de supposer une connexion entre la présence des vignes américaines et celle d'un foyer phylloxérique?

(1) C'est du moins la date que M. Laliman indique pour l'apparition des symptômes extérieurs du mal phylloxérique, car la découverte de l'insecte à Bordeaux ne date que de 1869.

(2) Je cite cette date d'après M. Laliman (*Documents pour servir à l'histoire du phylloxera, etc.* Bordeaux, in-4°, oct. 1874, p. 11); mais je ne sais comment concilier cette assertion avec la suivante, extraite d'un article du même auteur (journal *la Gironde*, 30 sept. 1872) : « M. le docteur Plumeau croit que nous avons reçu nos cépages en 1863; il se trompe. C'est en 1860 que nous avons reçu de M Berckmans, de la Géorgie, le dernier envoi de vignes que nous cultivions du reste depuis 1848.



TROISIÈME FAIT. Celui-là tellement clair que toutes les circonstances en étant connues et scientifiquement constatées, il suffirait presque à lui seul pour établir une démonstration en règle. Il s'agit de l'introduction du phylloxera dans l'école des vignes de la station œnologique de Klosterneuburg, près Vienne, établissement modèle, où des savants tels que MM. von Babo, F. Roesler, von Meyersbach, Edmond Mach, conduisent leurs observations avec la rigueur des méthodes scientifiques. Or voici comment les choses se sont passées, d'après les témoignages unanimes de ces professeurs, témoignages écrits en ce qui concerne le directeur von Babo (1), et recueillis soit par lettre, soit de vive voix en ce qui concerne ses trois collègues. Un plan de l'école de vignes de Klosterneuburg, sur lequel M. le chevalier de Meyersbach m'a marqué la marche du phylloxera, ajoute un élément de précision à l'autorité de ces récits.

C'est au printemps de 1868 que M. von Babo reçut d'un horticulteur distingué de Celle (ou Zell, dans le Hanovre), M. Schiebler, une collection de plants enracinés de vignes américaines, d'environ 20 variétés différentes. Avant de les planter en ligne le long d'une allée ouverte dans une partie neuve du jardin, on en avait raccourci les racines sur un point plus élevé de l'ancienne école de vignes : or c'est sur ce point, où les débris de racines étaient restés sur le sol, que se montrèrent, en 1872, les premiers signes de dépérissement des ceps, et que M. Roesler constata la présence du phylloxera. Plus tard on vit le mal se propager sur les vignes indigènes tout le long de la ligne de vignes américaines, de telle sorte qu'on pouvait suivre la trace de l'invasion dans chaque rangée transversale, à partir du cep américain qui en formait la tête ou point de départ.

Expérience plus décisive encore. Presque en même temps que l'envoi de Celle, on avait reçu à Klosterneuburg 20 pieds enracinés de cépages américains, envoyés du grand duché de Bade. Ces pieds furent plantés en ligne, toujours le long d'une allée, à 100 toises environ des premiers, et comme trois des pieds ne purent avoir place dans la ligne, on dut les planter à part, environ à 100 toises des précédents : or c'est juste au contact de ces deux nouveaux lots américains que le phylloxera se montra, non-seulement

(1) Voir l'article intitulé *Ueber den Auftreten der phylloxera vastatrix in Klosterneuburg*, dans le journal *Die Weinlaube*, n° 16, 15 août 1874.

sur les ceps exotiques, mais aussi sur les vignes indigènes : preuve nouvelle et décisive, ajoute M. von Babo, que les cépages enracinés d'origine américaine avaient seuls importé le fléau.

QUATRIÈME FAIT. Dans un jardin anglais ou parc du domaine royal d'Annaberg, près Bonn, on possédait, depuis 1867, vingt-quatre pieds de ceps américains, envoyés de Washington au ministère d'agriculture de Prusse, sous la forme de boutures enracinées. Cultivées en treille, à titre de plantes grimpantes, ces vignes ne paraissaient pas malades en 1874. Comme on détruisait alors le jardin, il fut question de les transporter à la nouvelle école de viticulture de Geisenheim; mais heureusement que l'attention était éveillée au sujet des vignes américaines en général, comme étant capables d'importer le phylloxera. De là l'idée d'examiner soigneusement les racines de ces vignes : elles portaient l'insecte suspect, et, si le mal ne s'est pas ostensiblement étendu sur les vignobles voisins, on le doit peut-être, écrit M. le professeur Georges David, à cette circonstance heureuse que le parc anglais d'Annaberg se trouvait séparé de tout vignoble par des collines boisées.

CINQUIÈME FAIT, dont je ne connais pas les circonstances détaillées, mais que M. le professeur Georges David signale par lettre à mon ami M. L. Reich, l'habile régisseur du domaine de l'Armeillère en Camargue. On aurait tout récemment trouvé le phylloxera à Carlsruhe (Wurtemberg) sur des vignes américaines (1). Les insectes auraient semblé tous morts, ce qui veut dire très-probablement engourdis. Après les exemples d'Annaberg et de Klosterneuburg, peu importerait que le *phylloxera* eût été indiqué à tort soit à Erfurt (où MM. Haage et Schmidt assurent qu'il n'existe pas), soit même à Celle, en Hanovre, où MM. Schiebler et fils se défendent de

(1) Une lettre récente que je reçois directement de M. David m'annonce que le *phylloxera* a été récemment découvert à Hochheim, près de Worms, sur environ 500 pieds Concord apportés récemment d'Amérique (on dit de Californie, mais la chose n'est pas sûre) par M. Cornelius. Heureusement que ces pieds enracinés avaient été mis en pépinière en attendant le printemps, et qu'on a pu les brûler tous dès qu'on y a vu l'insecte redouté. S'il est vrai que ces plantes viennent de Californie, ce côté de l'Amérique du Nord aurait déjà été envahi par l'insecte au moyen des cépages provenant des États de l'Atlantique. M. le professeur David m'apprend aussi que les pieds de vignes supposés plus phylloxérés à Carlsruhe sont des *isabelles* prises vingt et un ans auparavant dans le jardin botanique d'Heidelberg, où elles étaient venues vingt ans plutôt des États-Unis. Il y aurait donc quarante et un ans que ces pieds auraient été cultivés en Allemagne, avant qu'on s'aperçût de leur état maladif. La chose est assez étonnante pour mériter une étude attentive sur les lieux.

l'avoir jamais eu. Ce dernier fait néanmoins ne manquerait pas de surprendre, s'il est vrai que MM. Schiebler aient partagé avec M. von Babo le contingent de vignes américaines dont une partie a transporté le phylloxera à Klosterneuburg. Mais c'est là, encore une fois, un de ces arguments négatifs dont la valeur est très-mince, car, d'une part, ils reposent sur l'affirmation de personnes qui peuvent avoir cherché sans trouver, et, d'autre part, rien n'empêcherait que le hasard eût fait parvenir les pieds phylloxérés à Klosterneuburg, en laissant à Celle les pieds non infectés.

C'est dans le même ordre d'idées que je donne peu d'importance à l'hypothèse jadis émise par moi que le *phylloxera* du sud de la France aurait pu trouver son point de départ dans la pépinière aujourd'hui détruite de Tonelle, près Tarascon. Les arguments présentés contre cette idée par la commission d'enquête de la Gironde et par l'inspirateur de cette commission, M. Laliman, reposent tous sur des témoignages superficiels. Je pourrais même appuyer mon hypothèse par une présomption nouvelle, savoir que peu de temps avant d'être la proie du *phylloxera*, le vignoble de M. Faucon avait reçu de Tonelle une collection de vignes enracinées. Mais à quoi bon discuter sur des présomptions, lorsque les preuves abondent sur d'autres points? Les hypothèses dans les sciences ne sont admises qu'à titre secondaire et provisoire; elles s'effacent dès qu'elles sont trouvées fausses, et deviennent inutiles dès que les faits les ont confirmées. D'ailleurs, pour expliquer la première apparition du phylloxera sur les bords du Rhône, plus n'est besoin d'invoquer l'existence de vignes américaines de Tonelle; celles de M. Borty, de Roquemaure, remplissent à cet égard toutes les conditions de date et de lieu, car Pujault, donné comme le premier foyer d'infection phylloxérique est à quelques kilomètres seulement des vignes de M. Borty.

Deux autres foyers de ce mal existent en France, en dehors du sud-est et du Bordelais : ce sont les Charentes dans l'ouest et le Beaujolais dans le centre. Pour les Charentes, toute base d'observation me fait défaut pour expliquer l'introduction de l'insecte. Pour le Beaujolais, le mal commence à peine à Vaux-Renard (chez M. de Saint-Trivier) et à Villié-Morgon (Rhône), à 3 ou 4 kilomètres seulement des belles collections de vignes américaines ou autres de M. Victor Pulliat. La loyauté me fait un devoir de déclarer que des fouilles assez nombreuses, faites en septembre 1874, n'ont pu m'y

faire découvrir l'insecte, ni sur les feuilles ni sur les racines des cépages américains. Mais en constatant ce fait *négatif*, il m'est bien permis, *in petto*, de ne pas regarder comme fortuite la coexistence dans un rayon très-limité de vignes françaises phylloxérées et d'une riche collection de cépages américains.

La région de Porto, dans le Portugal, est également une de celles dont le phylloxera décime les vignes et où l'importation de vignes américaines a précédé l'apparition du fléau. Invoquant à cet égard le témoignage *écrit* de M. Oliveira Junior (1), j'ai pu dire que la maladie s'était d'abord manifestée dans un vignoble de Gouvinhas, où feu Antonio de Mello Vaz Sampaio avait planté des vignes américaines. Depuis lors la commission d'enquête de la Gironde a voulu contester non les faits (c'était impossible), mais la conclusion que les vignes américaines avaient importé le phylloxera. Pour cela, rien n'est plus facile que de recueillir les prétendues preuves de l'ancienneté du mal phylloxérique dans un pays, antérieurement à la découverte positive de l'insecte : des souvenirs vagues que l'imagination ravive font voir dans tous les cas de mortalité antérieure, comme une avant-garde du fléau du jour. Cette tendance des esprits à voir le présent dans le passé est un des préjugés populaires les

(1) Voir un passage de la Chronique du *Jornal de horticultura pratica* dudit auteur, numéro de juillet 1872, t. III, p. 140. L'auteur ne s'y prononce pas *absolument* pour l'origine américaine du phylloxera, mais il écrit en propres termes qu'il y a un fait (celui du vignoble de Gouvinhas) qui paraît prouver la vérité de cette hypothèse : *ha un facto que parece provar a veracidade da hypothesa*.

Depuis lors, d'après les assertions de la commission d'enquête de la Gironde, et d'après un article plus récent publié dans le numéro du 27 février 1875 du *Moniteur vinicole*, M. Oliveira serait revenu de son ancienne opinion et penserait que le *phylloxera* n'a pas été importé en Portugal par des ceps américains. On peut douter néanmoins que les raisons alléguées pour ce changement d'idées puissent convaincre ceux qui vont au fond des choses, au lieu de se contenter d'allégations vagues et sans valeur. Qu'y a-t-il d'étonnant, par exemple, à ce que de 40 à 50 ceps soient morts dans la propriété de M. Lopo Vaz da Sampaio (nous supposons que c'est l'héritier de M. Antonio de Mello Vaz Sampaio cité plus haut) avant que les vignes américaines y fussent introduites? Combien de causes autres que le phylloxera peuvent expliquer cette mortalité ! Pour moi, je retiens cette assertion de M. Oliveira, que des ceps américains, pris à Porto, ont été plantés en 1863 ou 1864 dans le vignoble en question.

Le propriétaire affirme que c'étaient des marcottes : donc s'il n'y a pas erreur dans la traduction, c'étaient des plants enracinés. Mais alors comment comprendre la phrase suivante · « Le phylloxera se tenant sur les feuilles et sur les racines, les *marcottes* en sont exemptes et la maladie ne peut être arrivée par ce moyen. »

Qu'on n'ait pas trouvé le phylloxera dans les vignes de Rejon ou dans les propriétés de M. Deefo de Macedo, où il y a des vignes américaines, c'est très-possible. Mais, encore une fois, les faits *négatifs* ne prouvent *rien* contre un ensemble de faits *positifs*.

plus fréquents, surtout chez les agriculteurs, on le pardonne à des paysans ignorants, mais on s'explique à peine comment une commission d'hommes instruits accepte comme arguments des renseignements puisés pêle-mêle à toute source et non soumis au contrôle d'une critique sérieuse.

La première apparition bien constatée du *phylloxera* en Angleterre remonte au mois de mai 1863. C'était la forme dite gallicole, développée sur les feuilles de vignes cultivées en serre, à Hammersmith, près de Londres. Le célèbre entomologiste Westwood, à qui ces galles furent soumises, reconnut les affinités générales de l'insecte qu'il désigna sous le nom de *peritymbia vitisana*. Il put, du reste, en observer bientôt les deux formes gallicole et radicicole, qui lui furent envoyées de divers côtés des graperies ou serres à raisins d'Angleterre et d'Irlande. Bien que l'on n'ait pas noté expressément si les premiers exemplaires avaient été pris sur des vignes américaines, les présomptions sont en faveur de cette idée; car on sait combien les galles phylloxériques sont rares sur les cépages d'Europe et fréquents sur certains cépages américains. En tout cas, la diffusion du phylloxera dans les *graperies* du Royaume-Uni est aujourd'hui un fait hors de doute (1); c'est en même temps un argument bien puissant contre l'idée que cet insecte destructeur pourrait être originaire d'Europe. Comprendrait-on, dans ce cas, qu'il eût d'abord manifesté ses ravages dans un pays où la vigne n'est cultivée que sous verre? Cette condition artificielle est très-favorable à l'importation des parasites étrangers, mais par cela même peu propice à l'apparition d'un insecte du pays, qui, *indigène*, au-

(1) Cela ne veut pas dire que l'insecte y soit extrêmement répandu ; on peut même penser le contraire, car M. le docteur Masters, directeur du *Gardener's chronicle*, et que cette position met en mesure de recevoir des renseignements sur ce sujet de tous les points du Royaume-Uni, écrit, à la date du 24 février 1874, à mon ami M. Daniel Hanbury, qu'il n'a reçu confidence que de très-peu de cas de cette infection. L'exemple suivant qu'il en cite mérite pourtant d'être particulièrement signalé :

« J'ai connu, dit-il, un jardinier de Londres à qui des clients ont reproché de leur avoir envoyé, sans le savoir, cette peste du phylloxera. Sans hésiter, il a détruit entièrement son *stock* précieux de vignes, en a vidé complétement sa serre, dont il a changé le sol, peint les boiseries, blanchi les murs. De cette façon il a, je crois, réussi à supprimer le fléau, au moins n'en a-t-il plus entendu parler depuis six ou sept ans que la chose se passait. »

Je regrette de n'avoir pu consulter l'article consacré au *phylloxera* des serres de lord Powerscourt, en Irlande, par le savant Berkeley. Cet article est contenu, d'après M. Masters, dans le troisième volume du *Journal of the horticult. Society*, 1872, p. 81 (Voir aussi même journal, vol. IV, 1873, p. 49, toujours d'après M. Masters.)

rait dû vivre d'abord sur la lambrusque ou vigne sauvage, c'est-à-dire sur un arbuste étranger à la flore de cette région. On ne peut s'empêcher du reste de faire une curieuse réflexion sur le rôle que semble avoir joué l'Angleterre dans l'importation des maladies végétales les plus désastreuses qui nous soient venues de l'étranger et principalement des États-Unis. C'est là que se montre, en 1789, le puceron lanigère, qui ne fut connu en France qu'entre 1812 et 1815; là qu'apparaît, en 1847, dans une serre de Margate, près de Londres, l'*oïdium tuckeri*, qui devait en peu d'années décimer les vignes de l'Europe, de l'Asie, de l'Afrique et des îles atlantiques; et, s'il est permis de citer des plantes phanérogames, une espèce envahissante qui gêne la navigation des fleuves et des canaux, l'*elodea canadensis*, originaire du Canada, a inauguré par l'Angleterre, l'Écosse et l'Irlande, son invasion des cours d'eau de l'Europe. On s'explique aisément ces faits de premier envahissement par les relations incessantes des Iles-Britanniques avec les États-Unis, par le développement de la culture et la passion des plantes nouvelles chez nos voisins d'outre-Manche; ainsi les serres d'amateurs, comme les jardins botaniques, font payer parfois par des importations funestes les services d'ailleurs signalés qu'ils rendent à l'horticulture.

« Une remarque essentielle et d'un intérêt pratique de premier ordre, écrivions-nous en juillet 1871, M. Lichtenstein et moi, c'est que les pays de grands vignobles qui ont le bonheur d'être encore indemnes, la Bourgogne, la Champagne, les bords du Rhin, par exemple, feront bien de ne pas importer des pieds enracinés de vignes non-seulement d'Amérique, mais encore d'Angleterre, d'Irlande et peut-être même d'Écosse. La plus vulgaire prudence doit proscrire ces importations suspectes et dangereuses, auxquelles on doit presque sûrement l'invasion des vignobles des bords du Rhône et d'une partie restreinte du Bordelais. » En reprenant tout récemment ce passage d'une brochure vieille de trois ans, notre ami M. Maxime Cornu, avec sa sagacité ordinaire, a su en faire l'application au cas de l'apparition inopinée du phylloxera dans les vignes de Prégny, près de Genève. Dès les premiers jours d'octobre 1874, des lettres de M. Alph. de Candolle et de M. Émile Burnat m'annonçaient cette triste découverte. « Cherchez les ceps importateurs, écrivis-je sans hésiter, car je ne pouvais croire au saut du *phylloxera* du Dauphiné ou de Villié-Morgon jusqu'en Suisse.—Délégué

en toute hâte par M. Dumas, de l'Académie des sciences, M. Cornu joignit ses efforts d'investigations à ceux du professeur M. F. Forel, de Morges, et leur enquête collective aboutit à ce résultat important que les régions infectées de Prégny avaient dû l'être primitivement par des boutures enracinées de vignes européennes, venues en pots, en 1869, d'Angleterre et plantées dans deux serres à raisins à la résidence de M. de Rothschild. Cette plantation s'était faite de façon que les racines des ceps étaient en dehors des serres; toutes les circonstances de position des points infectés et de dates probables d'infection concordaient pour justifier ce dire d'un savant distingué de Genève : « Le phylloxera est venu à Prégny en chemin de fer, soigneusement empaqueté, à travers la Manche, la France et les défilés du Jura (1). »

Une intéressante lettre de mon ami le professeur Forel me donne sur l'existence du phylloxera sur d'autres points de la Suisse des détails précis que je regrette de ne pouvoir que résumer. C'est à Flurlingen, canton de Zurich, sur le Rhin, non loin de Schaffouse, et à Schmerikon, canton de Saint-Gall, que cette présence est parfaitement constatée. Rien d'étonnant à cela : les vignes américaines, celles des serres à raisin d'Angleterre, d'après ce que m'écrit M. le professeur Schuetzler, ont été fréquemment introduites dans ces régions de la Suisse, surtout depuis 1863.

En résumé, l'infection phylloxérique est déjà bien constatée dans les régions suivantes d'Europe : Angleterre, Irlande (dans les serres à raisins); France (Provence, Languedoc, Dauphiné, Lyonnais, Beaujolais, Bordelais, Charentes, Corse); Portugal (régions de Porto et Alto-Douro); Autriche (Klosterneuburg, près de Vienne); Allemagne (Annaberg, près Bonn, Carlsruhe, Hochheim); Suisse (Prégny, Smerikon, Flurlingen). C'est le commencement d'un tour d'Europe ou du monde dont on ose à peine prévoir la suite et la fin.

Dans la plupart des localités mentionnées, l'importation primitive de l'insecte se rattache soit à l'importation directe de cépages américains enracinés, soit à l'introduction de cépages européens

(1) Pour les détails sur ce sujet, voir : F. Forel, C. Vogt et Archinard, *Rapport adressé au départ. de l'int. du canton de Genève, par la commission chargée d'indiquer les mesures à prendre contre le phyll. dans les vignes de Prégny*, Genève, déc. 1874, brochure in-4°; *Rapport supplémentaire* par le prof. F. Forel, page 21. Voir aussi Max. Cornu, *Lettre à M. Dumas*. (*Comptes rendus de l'Acad. des sc.*, 30 nov. 1874, p. 1236-1239.) Dans le même numéro des *Comptes rendus* M. le prof. Schnetzler met à néant l'assertion de M. L. Michaud, relative à la prétendue présence du phylloxera à Cully (Suisse) dès 1868.

venus de serres, ou de pépinières, ou de vignobles phylloxérés. S'il reste encore des lacunes sur tel ou tel point de détail de ce sujet, on se l'explique aisément et par la difficulté même de ces investigations rétrospectives et par les réticences assez naturelles de quelques-uns des témoins intéressés dans la cause. Mais une vérité générale ne se dégage pas moins de cet ensemble de faits : c'est l'origine américaine du *phylloxera* et sa façon insidieuse de s'établir en Europe, à la faveur des échanges par la navigation à vapeur et les transports rapides par chemins de fer, rendus plus fréquents, plus faciles entre les viticulteurs de divers pays. Si cette importation fatale ne s'est pas faite de meilleure heure, nous en verrons les raisons probables en examinant sous quelle forme les introductions de vignes suspectes sont dangereuses. En attendant, il faut prouver que les vignes seules peuvent servir de véhicule et de sujets nourriciers au phylloxera.

II. Le phylloxera et les arbres fruitiers.

Que le *phylloxera vastatrix* soit spécial aux vignes ou tout au moins aux ampélidées (car je l'ai fait vivre sur les racines de vigne vierge), c'est ce qui ressort de milliers d'observations faites en Amérique et en Europe. M. Laliman seul persiste à croire que l'insecte peut attaquer les arbres fruitiers, pêchers, abricotiers, cerisiers, poiriers, et les tuer comme il tue la vigne. Ayant vu ces arbres périr dans son jardin, à côté des vignes malades, il accuse le phylloxera de ce méfait et prétend même avoir pris l'insecte sur le fait dans son œuvre de destruction. Partagée un instant par M. Cornu, au début de ses belles études phylloxériques, cette erreur a fait heureusement son temps. Des expériences poursuivies du 12 octobre 1872 au 6 avril 1873, dans une chambre chauffée, m'ont fait voir que le *phylloxera* mis en flacon avec des racines de pêcher, d'abricotier, de cerisier et de poirier, périssait de faim sur ces provisions non adaptées à son goût; et lorsque, voulant prouver la vérité de son dire, M. Laliman, au mois de mars 1874, a envoyé à l'Académie des sciences et à M. Henri Bouschet, de Montpellier, de prétendues racines de cerisier phylloxérées, il s'est trouvé que c'étaient dans les deux cas de simples racines de vigne ! Et pourtant, c'est sur une méprise pareille, entraînant une idée absolument fausse, que des gouvernements étrangers, notamment l'Allemagne et l'Italie, ont

cru devoir proscrire à leur frontière les produits de nos pépinières françaises! J'ignore si cette interdiction est levée, après les explications verbales que j'ai données en mai dernier au congrès horticole et botanique de Florence, après celles que j'ai adressées par lettre soit à M. André Leroy, d'Angers, soit à M. Martin Müller, de Strasbourg, soit plus récemment à la Société centrale d'horticulture de la Seine; mais, comme l'erreur est tenace de sa nature, et d'autant plus difficile à déraciner qu'elle a reçu la consécration officielle, j'ai lieu de craindre que notre commerce d'arbustes ne souffre longtemps de cette fâcheuse méprise, qui jette une injuste suspicion sur des sujets absolument innocents. Il est pourtant, en Allemagne, en Italie, des savants, des agriculteurs sérieux capables d'apprécier sainement les choses. C'est à leur jugement que j'en appelle pour rectifier une erreur économique et commerciale dont souffrent les intérêts d'une branche importante de l'horticulture. Il serait vraiment déplorable que les gouvernements prissent au sérieux des élucubrations fantaisistes qui proscrivent les arbres fruitiers comme suspects de transporter le phylloxera et proposent, par suite d'une erreur inverse, d'introduire dans les pays non infectés les vignes américaines qui sont les véhicules habituels de l'insecte ravageur.

III. Précautions à prendre contre l'introduction du phylloxera.

Autant il me semble injuste d'entraver, sous prétexte d'infection, l'échange commercial d'innocents arbres fruitiers, autant il paraît naturel et légitime qu'un État, une colonie, un département, se défendent, dans la mesure du possible, de l'importation de vignes venant de régions déjà hantées par le phylloxera. On peut, en principe, être partisan du laisser faire et laisser passer; mais, en pratique et devant la raison de salut public, on approuvera toute disposition légale qui suspendra pour un temps la libre introduction des plantes suspectes. Prenons en exemple la Corse et notre colonie algérienne. Pour la Corse, le mal est déjà fait, l'ennemi est dans la place; il s'est introduit près de Corte par des pieds de vigne venus, en janvier 1869, d'une pépinière de Bagnols-sur-Cèze (Gard). Croit-on que si l'importation de ces cépages avait été défendue à temps, l'île entière n'aurait pas eu à s'applaudir de cette mesure salutaire? Quant à l'Algérie, faisons des vœux pour que le bon sens des colons,

secondant les mesures de défense prises par le gouvernement, empêche longtemps le fléau d'envahir ses vignobles naissants et pleins de promesses. Mais, ce principe de défense admis, une question se présente, susceptible de diviser les meilleurs esprits, à savoir dans quel état les vignes venant de pays phylloxérés peuvent se montrer dangereuses. Est-ce seulement sous la forme de boutures enracinées? Serait-ce également sous la forme de simples sarments? Sur le danger des plantes enracinées, l'opinion n'a pas à se faire. C'est par des pieds de ce genre qu'ont eu lieu toutes les invasions bien constatées. Quant aux simples sarments, les apparences sont en faveur de leur absolue innocuité : quelques présomptions seulement peuvent les faire considérer comme suspects. Je vais impartialement exposer les raisons pour et les raisons contre.

Taillés sur le cep, en général assez loin du sol, après la chute des feuilles, les sarments doivent être absolument indemnes de *phylloxeras*. Ils le sont presque sûrement 999 fois sur 1000, peut-être même dans une proportion plus forte encore. Par là s'expliquerait ce fait que l'*isabelle*, le *catawba*, un petit nombre d'autres variétés américaines, ont pu être impunément introduites, depuis plus de 50 ans, dans beaucoup de vignobles d'Europe. Ajoutons que ces cépages n'ont presque jamais, aux États-Unis, des galles phylloxériques, c'est-à-dire des insectes sur leurs parties aériennes. Aucune recherche n'a fait découvrir sur les bourgeons d'un sarment quelconque des traces d'œufs de phylloxeras, ni de ce même insecte à l'état de larve, de nymphe ou d'adulte. Donc on pourrait croire ces sarments libres de tout germe d'infection (1).

Un seul scrupule m'arrête et m'empêche de donner à des sarments dans ces conditions un *bill* absolu d'innocuité : c'est la possibilité rigoureuse que leurs bourgeons recélassent dans leur duvet les germes appelés par M. Balbiani œufs d'hiver, germes déposés on ne sait où par les femelles sans ailes, sans rostre et sans tube intestinal, qui, fécondées par des mâles semblables à elles, représentent l'état sexué de l'espèce, tandis que les insectes aptères à rostre en représentent l'état parthénogenésique. Comme ces femelles aptères

(1) M. von Babo, dans l'article cité plus haut, constate que les sarments retranchés par la taille des pieds enracinés de vignes américaines reçus du pays de Bade, furent plantés et ne donnèrent aucun pied phylloxéré, tandis que les ceps enracinés d'où l'on avait élagué ces sarments infectèrent par les phylloxeras de leurs racines la collection de Klosterneuburg.



naissent de certains germes déposés par des individus pourvus d'ailes, rien n'assure qu'elles ne déposent pas leurs œufs dans les bourgeons des sarments, de même que le *phylloxera* femelle du chêne, suivant les observations de M. Balbiani, pond ses œufs dans les bourgeons des chênes blancs : ce n'est là qu'une hypothèse fondée sur une analogie; mais l'extrême prudence veut qu'on tienne compte de toutes les mauvaises chances possibles, et c'est pour cela qu'il faut avoir l'œil ouvert pour ne pas se laisser prendre aux détours insidieux de l'ennemi.

Une circonstance augmente encore à cet égard mes incertitudes. Pendant que j'étais à Saint-Louis (Missouri) en septembre 1873, mon ami Riley me fit voir une lettre du docteur Charles Siedhof, de North-Hoboken, Hudson-County, New-Jersey, très-connu dans la presse agricole, où ses articles sont signées *Horticola*. M. Siedhof, dans cette lettre, dit avoir expédié en 1869 à MM. Schiebler et fils, de Celle (Hanovre), une grande quantité de boutures (*cutting*) des meilleures variétés de vignes américaines. Il s'étonne que ces boutures, prises, dit-il, dans le mois de février, aient pu communiquer le *phylloxera* à l'école de vignes de Klosterneuburg, où MM. Schiebler les auraient en partie expédiées. Si les souvenirs de M. Siedhof sont exacts et qu'il n'ait vraiment expédié que des sarments non enracinés à MM. Schiebler; s'il est certain que ces sarments aient pu transmettre le phylloxera, il faudrait regarder contre tranchée dans le sens affirmatif la question de la nocuité des simples sarments. Mais contre l'exactitude même du fait se dresse une observation sérieuse. M. von Babo affirme de la manière la plus nette que les pieds de vigne reçus en 1868 de MM. Schiebler étaient des plants enracinés (Würzelreben); or Siedhof ne nie pas dans sa lettre que les plants envoyés à Klosterneuburg par MM. Schiebler ne fussent justement les siens. Comment donc des sarments, simples boutures à leur départ d'Amérique, se seraient-ils trouvés à Klosterneuburg des pieds garnis de racines (1)? Je ne veux pas mettre en doute la bonne foi de M. Siedhof, mais on peut admettre que ses souvenirs le trompent, et donner toute confiance au témoignage de M. von Babo, qui mentionne expressément comment les racines des plants furent raccourcies pour leur mise en place.

(1) Dans cette même lettre à Riley, M. Siedhof avoue avoir reconnu chez lui la présence du phylloxera, notamment sur un Clinton.



En résumé, les plants pourvus de racines sont les seuls dont les dangers soient avérés ; les simples sarments, peut-être toujours indemnes, restent pourtant un peu suspects à nos yeux, soit qu'ils puissent recéler dans leurs bourgeons ou dans les fissures de leur écorce les œufs d'hiver du phylloxera ou peut-être quelque phylloxera retardataire, arrêté au moment où il descendait des galles des feuilles sur les racines, soit que, coupé entre deux terres, à la base d'un cep, tel de ces sarments puisse porter à sa base de jeunes phylloxeras souterrains.

Mais s'il est naturel, dans les pays indemnes de phylloxera, de se garder contre toute introduction de sarments ou ceps venant de pays infectés, rien n'oblige à ces précautions, à ces mesures pénibles et tracassières de prohibition, les pays qui sont déjà la proie du fléau. Dans ces régions déjà envahies, introduire même par centaines de mille les cépages d'Amérique, c'est ajouter une goutte d'eau à un fleuve, l'importation de quelques phylloxeras nouveaux ne comptant que pour une proportion insignifiante auprès des légions d'insectes déjà établis. Quant au transit des sarments ou pieds enracinés des États-Unis par les ports et les chemins de fer de France, quelles que soient à cet égard les suggestions d'un journal qui se prétend le défenseur-né de la viticulture française, espérons que ses déplorables conseils ne trouveront ni près de l'administration ni près des législateurs l'accueil qui pourrait les rendre funestes en leur donnant une sanction légale. Tous les sophismes, toutes les arguties, toutes les clameurs ne feront rien contre ces deux vérités connexes ; les régions non infectées doivent se défendre contre les importations de vignes américaines, et, en général, de tout cep venant de pays phylloxérés ; les régions phylloxérées, au contraire,

(1) Un fait tout récent doit faire ouvrir les yeux du public sur le côté fâcheux des mesures prises par certains préfets à l'égard des sarments de vigne passant en chemin de fer, à travers leur département, à destination d'un département infecté. M. Gaston Basille envoyait à un propriétaire de la Charente 1000 sarments de la vigne dite *Petit Bouschet*. A leur passage en gare à Toulouse, ces sarments ont été saisis et brûlés par application d'un arrêté administratif. Que des arrêtés de ce genre soient pris sur les parcours des grandes lignes de chemin de France, et voilà la voie fermée à tous les échanges de sarments américains ou autres, entre les points du pays intéressés à refaire leurs vignobles. Il y a, dans ces mesures dont on peut contester d'ailleurs la légalité, une menace sérieuse pour des intérêts respectables, et cela sans profit aucun pour le public et sur l'idée fausse d'un danger purement imaginaire. Dieu préserve les viticulteurs de ce zèle aussi peu éclairé qu'intempestif pour des intérêts qui se passeraient de cette prétendue protection !

ont tout intérêt à recevoir et à multiplier le plus possible les cépages des États-Unis. On verra plus loin sur quelles preuves cet intérêt est fondé.

IV. Dans quelle mesure peut-on entraver dans une région nouvellement envahie, l'extension du phylloxera?

Je pose la question dans ces termes, parce que je regarde comme absolument irréalisable l'idée d'anéantir l'ennemi dès que ses colonies se sont établies en plein vignoble, dans une proportion tant soit peu large. Au premier début d'une invasion, amenée par une importation lointaine, dans une école de vignes, comme à Klosterneuburg, dans quelques foyers circonscrits comme à Prégny, sur quelques pieds de vignes isolés comme à Annaberg, on a bien fait de tenter même à grands frais la suppression totale de l'insecte : arrachage et brûlis des ceps, écobuage du sol, emploi de substances insecticides, tout ce qu'on a pu imaginer de plus propre à tuer l'ennemi, a été essayé avec des précautions dignes du succès. Et pourtant telle est la difficulté du problème que des doutes se présentent sur la possibilité de le résoudre, même dans ces conditions restreintes. A Klosterneuburg, l'arrachage des ceps, l'emploi du sulfure de carbone à haute dose, n'ont pu faire qu'il ne reste encore des phylloxeras vivants sur des fragments de racines enfouies dans le sol. Nous souhaitons un meilleur succès à nos voisins de Prégny et aux vignerons d'Annaberg. Mais c'est avec des appréhensions légitimes que l'on peut envisager le résultat final de ces tentatives; l'ennemi visible, anéanti sur un point, ne paraîtra-t-il pas sur d'autres points où sa présence était encore dissimulée? Et, si ce danger existe dans les localités où des foyers circonscrits sont éloignés d'autres centres d'infection, combien plus dans les régions limitrophes des grands espaces envahis et qui reçoivent comme des colonies d'avant-garde les essaims ailés de l'insecte! J'ai cru longtemps que, même dans ces conditions, il pouvait y avoir avantages pour une commune, pour un canton, pour un arrondissement, pour un département entier, à lutter contre les premières attaques; que des syndicats formés librement pourraient, en réunissant des fonds pour indemniser les propriétaires, faire arracher et brûler les premiers groupes de ceps atteints. Je crois encore à l'efficacité relative de ces mesures comme un palliatif provisoire, comme moyen

de retarder l'envahissement général; mais l'expérience m'a rendu sceptique quant à la durée de cette lutte *in extremis*. Je commence à craindre que tant d'efforts et de sacrifices n'obtiennent pas tout le succès qu'ils méritent. L'assimilation entre la peste bovine et le mal phylloxérique a pu séduire un instant quelques esprits distingués. Des administrateurs pleins de zèle et de bonnes intentions ont lancé contre le phylloxera des arrêts de mort auxquels n'a manqué que la possibilité de l'appréhender et de l'occire. Or, depuis comme avant, il poursuit sa marche implacable et envahissante. Désespérant de l'anéantir ou de l'arrêter, peut-on espérer du moins de le contenir et de lui faire sa part, soit en le décimant par des agents insecticides, soit en soutenant la vigne contre ses attaques par des voies directes ou détournées?

V. Les insecticides et les engrais.

Pour ceux qui voient dans l'insecte la cause unique du mal phylloxérique, tuer l'insecte, c'est supprimer le mal. La théorie dans ce sens est parfaitement logique et rationnelle; la difficulté est toute dans la pratique, c'est-à-dire dans la possibilité matérielle d'atteindre sous terre par des substances toxiques des myriades d'animalcules, protégés contre les liquides par la couche d'air qui les enveloppe, et contre les émanations gazeuses par la porosité du sol, qui s'oppose à la diffusion rapide de ces substances; la submersion totale et prolongée, telle que M. Faucon la pratique, a donné des résultats, parce que l'effet asphyxiant de l'eau sur l'insecte est rendu possible par l'expulsion de l'air du sol sous la pression du liquide en nappe épaisse; c'est là un moyen *insecticide* par excellence et le seul dont le succès s'appuie sur des exemples répétés. Quant à l'action des toxiques purs, tels que le sulfocarbonate de potasse, l'acide phénique, le sulfure de carbone, l'huile de cade, etc., je n'essayerai pas de l'examiner en détail, le but de cet article étant moins l'étude du mal constaté et confirmé, que l'exposé des grandes pérégrinations de l'insecte à travers l'Europe. Pour des raisons analogues, j'insisterai peu sur les engrais comme soutiens des vignes malades, non que je nie l'utilité de cette médication indirecte qui maintient plus ou moins la vigne contre l'action de son ennemi, mais parce que les frais de ces fumures intensives et répétées, au moyen d'engrais chimiques appropriés, ne peuvent être compensés, s'ils le sont jamais,

que par les produits exubérants des terres riches ou par la valeur exceptionnelle de quelques vins privilégiés. Or c'est aux terres maigres ou de fertilité moyenne qu'appartient la grande masse de nos vignobles de France; c'est là que la vigne ne saurait être utilement remplacée, c'est là qu'on a le plus intérêt à la faire vivre, serait-ce en lui donnant comme nourrices des cépages dont la constitution robuste résiste aux attaques du *phylloxera*. Ceci nous amène comme dernière ressource aux vignes des États-Unis.

VI. Les vignes américaines.

L'idée que certains cépages américains peuvent résister au phylloxera se présenta, dès 1869, à M. Laliman, de Bordeaux. Confirmée bientôt par Riley de l'autre côté de l'Atlantique, saisie avec sagacité et persévérance par M. Gaston Bazille, adoptée par M. Lichtenstein et moi, soumise à l'expérience en grand par M. Fabre, ancien député du Gard, vérifiée sur le vif dans le pays par les recherches que j'ai faites aux États-Unis en 1873, cette idée a pris, dans le Midi principalement, les proportions d'un événement, presque d'une révolution en viticulture. Dans un ouvrage récent (cité ci-dessus) j'ai résumé l'état actuel de cette question, pour les uns pleine de promesses, pour d'autres grosse d'incertitudes sinon de mécomptes. Fidèle à la méthode scientifique, je n'ai pas escompté d'avance l'espoir enthousiaste des premiers, je ne partage pas non plus les méfiances excessives des seconds. J'en appelle à l'expérience, qui vaut mieux que tous les raisonnements *a priori*, et qui saura bien, là comme ailleurs, faire le départ entre le vrai et le faux. Mais, en attendant, il importe de mettre le public en garde contre des préventions injustes concernant les vignes américaines et leurs produits; il est bon de montrer le vrai caractère des efforts des populations intelligentes et laborieuses qui tentent de rétablir des vignobles à mesure que le phylloxera y creuse des vides. Pour cela nous n'aurons pas à enfler la voix, à répondre aux cris Alarme! alarme! qu'ont poussés certains riverains de la Gironde, croyant déjà voir leurs grands crus livrés sans défense à l'invasion des vignes barbares. Nous exposerons simplement et succinctement les faits, laissant au public impartial le soin d'en déduire les conséquences.

Onze espèces distinctes de vignes vivent à l'état sauvage aux États-Unis. Sur ce nombre quatre seulement ont donné des variétés cul-

tivées qu'il est facile en général de rattacher à leur type primitif. Ce sont :

1° Le *vitis rotundifolia* Michaux, ou *vitis vulpina* d'autres auteurs; ce type, très-particulier, spécial aux États du Sud, se distingue par un bois dur à écorce non striée, par des grains de raisin qui ne forment pas grappe, en ce sens qu'ils se détachent un à un à mesure de leur maturité. Végétation puissante, fertilité énorme, culture facile, *absence complète* de phylloxera aux racines, tout recommanderait les dérivés cultivés de ce type (*Scuppernong*, *Mish*, *Thomas*, *Flowers*, etc.), si la difficulté de la récolte de leurs raisins, la pauvreté de leur suc en sucre et probablement leur maturité tardive n'étaient des obstacles réels à l'adoption de ces cépages même dans nos départements méridionaux. On les essaye pourtant sur la recommandation de MM. Berckmans et le Hardy de Beaulieu. Attendons les résultats de ces essais pour prononcer un jugement.

2° Le *vitis labrusca* L., *fox grape* ou *northern fox grape* des Américains. Feuilles duveteuses en dessous, gros grains à goût de cassis plus ou moins marqué.

A ce type se rattachent un grand nombre de variétés; les unes, comme le *concord*, très-résistantes au phylloxera; d'autres, comme le *catawba* et l'*isabelle*, sensibles à l'attaque de l'insecte, même en Amérique. Parmi les variétés résistantes, citons encore l'*Ives Seedling*, le *York's Madeira* (*Vorlington* du comte Odart).

Les vins des variétés de ce groupe déplaisent en général aux Européens à cause de leur goût de cassis; néanmoins il en est qui, faits en vin blanc (avec des raisins rouges), n'ont plus qu'un bouquet agréable (le *catawba*, par exemple).

3° *Vitis æstivalis* Michx, *summer grape* des Américains. Feuilles à duvet floconneux. Grains petits, sans goût de cassis. Les variétés de ce type, moins nombreuses que celles des *labrusca*, sont toutes résistantes au phylloxera; leurs vins, souvent délicats, avec des bouquets spéciaux, sont les meilleurs des États-Unis. C'est le groupe sur lequel on compte le plus, comme pouvant se cultiver directement pour la production du vin. L'*Herbemont*, le *Cunningham*, le *Jacquez*, le *Lenoir*, l'*Hermann*, le *Cynthiana*, en sont les variétés les plus estimées.

4° *Vitis cordifolia* Michx, renfermant comme variété le *riparia* du même auteur; feuilles à pubescence non floconneuse, à grains petits, avec ou sans goût de cassis.

En général résistant au phylloxera des racines, bien que très-sujet à l'avoir sur les feuilles, où il n'est pas dangereux. Le *clinton* est la variété la plus connue de ce groupe; très-vigoureux, mais à sarments grêles, partageant avec le *concord* la facilité de reprise comme bouture, ce cépage servira probablement de principal porte-greffe à nos variétés d'Europe, si l'expérience prouve que sa tige maîtresse grossit assez pour porter les greffes à fort développement. Comme producteur direct de vin, on ne saurait le recommander à l'égal des *æstivalis*, dont il n'a ni la fertilité ni la qualité.

Je passe à dessein sur les hybrides d'ailleurs remarquables entre vignes d'Europe et vignes américaines; presque tous participent à la faiblesse de la vigne européenne vis-à-vis du phylloxera.

Étant données les variétés de ces vignes que l'on sait être résistantes, quel usage espère-t-on en faire dans les vignobles phylloxérés de notre pays? Prétend-on les substituer aux cépages fins qui font la réputation des grands crus de France? Loin de nous cette pensée. On veut essayer simplement d'en faire des sujets robustes, des porte-greffe pour ces cépages délicats. Et pour cela, les procédés sont bien plus simples et plus rapides qu'on ne le croirait d'abord. Pour gagner du temps, on pourra, sur le conseil et l'exemple de M. Henri Bouschet, pratiquer la greffe-bouture, c'est-à-dire greffer à l'anglaise un sarment européen ou français sur un sarment américain (les deux sarments détachés de leur pied mère) et planter immédiatement ces deux tronçons accolés, comme si c'était une bouture ordinaire. Ou bien, dans une vigne phylloxérée, mais ayant encore de la vie, on greffera sous terre, en fente, les vieux ceps européens avec des sarments américains qui épuiseront d'abord le reste de vie du sujet, mais pourront servir à leur tour de porte-greffe à des vignes françaises, ou bien, cultivés pour eux-mêmes, donneront, s'il s'agit de bons cépages, des produits satisfaisants et parfois supérieurs à ceux de nos variétés communes. Ainsi, greffage de cépages délicats d'Europe sur les sujets robustes et *résistants* d'Amérique, ou bien culture directe de certains cépages américains assez fertiles pour être rémunérateurs, donnant des produits assez fins pour mériter d'entrer dans les catégories des vins estimés, tel est le problème à résoudre. Les moyens sont à la portée de tous ceux qui voudront consulter à cet égard les livres de viticulture américaine, ou tout au moins le résumé que j'en ai donné dans mon opuscule. Il faudra lire également à cet égard dans le *Messager agricole*

du Midi un article de MM. Bush traduit par M. Louis Bazille et un autre de M. Henri Bouschet. Les essais en grand de M. Fabre, de M. Bouschet, de M. Jules Pagézy, de M. Henri Aguillon, de viticulteurs distingués de l'Hérault, du Gard, de Vaucluse et de toute la région ne sauraient rester sans résultats; espérons que ces résultats seront heureux et que la vigne d'Amérique, comme la lance légendaire d'Achille, servira à réparer en partie le mal qu'elle nous a causé.

Je pourrais terminer là cet exposé, mais il me reste à le résumer en quelques phrases qui montreront l'enchaînement logique des propositions suivantes :

1° Le phylloxera est originaire des États-Unis d'Amérique; 2° il a été importé en Europe par les vignes américaines; 3° les régions indemnes du phylloxera ont raison de prendre des mesures contre l'importation des cépages américains et, en général, des ceps venant des pays infectés; 4° la destruction des foyers phylloxériques, rigoureusement possible dans des serres, est presque un problème insoluble dès que l'invasion est apparente en plein vignoble. Cependant c'est un palliatif qui peut être appliqué, moyennant indemnité et autant que possible de gré à gré entre propriétaires, lorsqu'il s'agit de foyers restreints et distants de tout autre; 5° les vignes américaines ou autres doivent pouvoir transiter librement des ports d'arrivage ou des lieux d'expédition aux lieux infectés, leur transport par chemin de fer n'offrant aucun danger sérieux pour les pays qu'elles traversent. Créer pour ce transit des barrières administratives serait chose illégale, arbitraire autant qu'inintelligente et inopportune. Espérons que nos législateurs sauront comprendre que, sur ces questions, l'opinion publique, dirigée par les sociétés d'agriculture, fera plus pour la défense des intérêts locaux que ne pourraient le faire des arrêtés prétendus protecteurs.

CULTURE DU CÉDRATIER EN CORSE

PAR

M. A. BOITEL,

Inspecteur général de l'agriculture et des pénitenciers agricoles.

Pendant bien longtemps la culture du cédratier est restée confinée sur les terrains les plus bas et les mieux abrités du cap Corse. Pourvu que le cultivateur eût de l'eau et du fumier en quantité suffisante, et qu'il pût jouir d'une exposition chaude et convenablement abritée, il parvenait à obtenir de beaux cédratiers au milieu des rochers et sur des pentes abruptes et rebelles à toute autre culture. Grâce à des soins infinis et à des prodiges de travail et d'habileté, les cultivateurs du cap Corse semblaient devoir conserver à jamais le monopole de cette production spéciale dont le débouché paraissait d'ailleurs limité aux besoins assez restreints du marché italien. Mais, depuis cinq à six ans, les cédrats corses ont été vivement recherchés par l'Angleterre, l'Italie et différentes parties de l'Amérique. Sous l'influence des demandes croissantes des acheteurs étrangers, le kilogramme de cédrat, vendu autrefois 0,25 et 0,30 en Italie, s'est élevé successivement aux prix de 0,60, 0,75 à 1 fr. et davantage. On cite des cédrateries qui ont rapporté l'une 1900 francs pour 29 arbres et l'autre 8000 pour 150 arbres. Les propriétaires, surexcités par la hausse extraordinaire de ce produit, ont eu, on peut le dire, la fièvre du cédrat. Ils ont entrepris cette culture avec l'ardeur passionnée des gens du Midi; ils se sont mis à créer des cédrateries partout où les circonstances locales semblaient être favorables aux succès de ces plantations.

On en a vu qui n'hésitaient pas à supprimer leurs jardins et à se priver de légumes, pour posséder des cédratiers dont quelques pieds réussis devaient assurer l'aisance et le bien-être de toute la famille. On ne s'imagine pas les sommes considérables qu'on a dépensées depuis quelques années pour la création des cédrateries. Travaux de défrichement et de terrassement, extraction de rochers, murs de clôture, de soutènement et d'abri, captations d'eau avec bassins et

conduites hydrauliques ; rien n'a été épargné quand il s'est agi d'assurer la réussite d'une plantation importante. Il y a deux ans, la bouture et les plants enracinés qui n'avaient pour ainsi dire aucune valeur autrefois, ont atteint des prix extraordinaires, et beaucoup de planteurs n'ont pu se procurer tous les sujets dont ils avaient besoin pour achever leurs nouvelles cédrateries. Du cap Corse les plantations se sont répandues sur tous les points de la zone maritime. Ces essais multipliés dans des conditions variées de sol et d'abri, ont donné lieu à des observations nombreuses que je vais essayer de résumer dans les différents paragraphes de cette notice.

Examinons d'abord les exigences spéciales du cédratier en ce qui concerne le sol, le climat, l'exposition et l'abri.

Il aime une terre profonde, fertile, fraîche et perméable, où ses racines vigoureuses puissent s'enfoncer facilement sans avoir jamais à souffrir d'un excès d'humidité. Aucun terrain ne lui convient mieux que les riches alluvions des vallées, alluvions qui sont calcaires sur quelques points isolés, et granitiques dans la plupart des cas. On conçoit, du reste, qu'un végétal si avide d'eau et de fumier se montre assez indifférent sur la nature du sol. Peu importe pour cet arbre que le milieu dans lequel il vit soit calcaire ou purement siliceux, il se contente du premier sol venu, pourvu qu'il y rencontre une abondante provision de matériaux assimilables et qu'il y reçoive des arrosages copieux et réguliers tout le temps que dure en été la période des sécheresses et des chaleurs excessives.

Bien que ses larges feuilles et ses pousses vigoureuses dénotent dans le cédratier une puissance de végétation supérieure à celle du citronnier et de l'oranger, ses congénères, il se montre en hiver plus sensible que ces derniers à l'action du froid, de la neige, du givre et des vents salés ou glacés. Malheur aux arbres surpris sans abri par les tourmentes violentes et glaciales de l'hiver ! Que ces vents impétueux viennent de la mer chargés de vapeurs caustiques ou des cimes neigeuses des montagnes, le mal offre toujours la même gravité : les jeunes pousses, les feuilles et les fleurs sont mortellement atteintes. Les fleurs avortent et les feuilles jaunissent et tombent. D'autres fleurs ne tardent pas à succéder à celles que le froid a détruites, il en est de même des feuilles, mais l'arbre privé un instant de ses organes essentiels s'épuise à reconstituer un nouveau feuillage, ce qui compromet sérieusement la récolte de l'année. On ne se figure pas l'impétuosité et la violence des tempêtes sur cer-

tains points du littoral de la Corse. Les cultures arbustives et herbacées n'y résistent pas, le vent les couche et les meurtrit, il est rare que ces accidents n'occasionnent pas à la récolte une diminution importante dans le rendement.

Le cédratier, plus sensible que les autres végétaux aux intempéries hibernales, ne peut prospérer que dans des endroits où des abris naturels ou artificiels le défendent du froid qui résulte des courants d'air et du voisinage des montagnes.

Je laisse de côté les abris artificiels, sur lesquels je m'étendrai plus longuement dans une autre partie de cette notice. Je me borne pour le moment à esquisser les conditions naturelles reconnues les plus favorables à la fécondité et à la durée du cédratier. Les accidents qui surviennent dans les cédrateries par suite de l'inclémence de la température, offrent une corrélation constante entre l'exposition du sol et son élévation au-dessus du niveau de la mer. La bonne exposition est celle qui à l'avantage des abris naturels joint celui de ne pas recevoir directement les rayons du soleil levant. Rien n'est plus funeste aux arbres que l'action du soleil succédant brusquement à une nuit glaciale accompagnée de neige ou de givre.

L'altitude est sans contredit l'une des circonstances naturelles qui apporte le plus d'obstacles au développement et à l'extension des cédrateries. Notons que la Corse n'est à vrai dire qu'une vaste chaîne de montagnes dont les sommets sont d'autant plus élevés qu'on s'éloigne davantage des bords de la Méditerranée.

En moins de 60 kilomètres, on passe par les climats les plus extrêmes, du climat de l'oranger à celui des neiges éternelles, avec toutes les nuances intermédiaires. L'oranger, le citronnier et le cédratier ne sont possibles que dans les terres basses et chaudes de la zone maritime. Les cédrateries les plus importantes et les plus productives sont à une altitude qui varie entre la cote zéro et 100^{m} environ au-dessus du niveau de la mer.

Entre ces deux limites se trouvent les situations qui offrent le plus de sécurité pour l'installation de cette culture arbustive. Sans doute on rencontre encore des cédratiers à 150^{m}, 200 et même 300^{m} au-dessus du niveau de la mer dans des vallons parfaitement abrités; ces arbres, protégés par des murs ou des paillassons élevés, parviennent à traverser la saison froide sans trop d'avaries, surtout si on tombe sur une série d'hivers courts et peu rigoureux, mais ils ont rudement à souffrir par les froids exceptionnels qui ne man-

quent pas de se produire de loin en loin dans une succession de dix à quinze années. Dans ce cas, ce ne sont pas seulement les feuilles et les jeunes pousses qui sont complétement détruites, mais toutes les parties de l'arbre, à l'exception de la racine et du collet de la plante. Dès lors plusieurs années sont nécessaires pour regagner le temps perdu et obtenir une nouvelle charpente bien pourvue de ramifications secondaires et de rameaux fructifères. — Il est bien fâcheux que la crainte des gelées limite aux terrains bas cette culture arbustive, car les cédrats obtenus sur les terrains élevés n'ont rien d'inférieur aux fruits récoltés au bord de la mer. Je crois même qu'ils acquièrent sur les hauteurs des qualités que ne possèdent pas les cédrats de la plaine. Pour l'olive et les fruits à pepins, la question n'est pas douteuse. Les poires et les pommes, détestables sous le climat d'Ajaccio, sont exquises à l'altitude de Corte.

Résumons les conditions climatologiques du cédratier. Sur les côtes les plus chaudes et les mieux abritées de la Provence, il ne semble pas trouver des hivers assez doux pour son tempérament délicat et sensible, puisque le thermomètre s'y maintient pendant quelques temps aux environs de 0°. Dans l'Italie méridionale, en Sicile et sur la côte de l'Algérie, le climat devient trop chaud et les fruits manquent des qualités recherchées par les consommateurs.

Quant à la Corse, on voit combien est restreinte la zone maritime offrant à la fois la somme de chaleur nécessaire à la maturité des fruits, et des hivers doux et réguliers où le thermomètre n'arrive que fort rarement au degré de la congélation de l'eau.

Il s'en faut que tous les terrains compris dans cette zone privilégiée sous le rapport des hivers et de la température soient aptes à donner de bonnes récoltes de cédrats. Il faut d'abord en retirer les surfaces ouvertes à tous les vents; dans cette situation, il y a peu de chances de succès, en supposant même qu'on s'impose des frais considérables pour l'établissement des abris artificiels. Cette catégorie de surfaces sans abris naturels représente une partie considérable de la zone en question. Les portions bien abritées forment l'exception, et parmi ces dernières, combien y en a-t-il où il soit possible de recueillir toute l'eau nécessaire aux arrosages des arbres pendant l'été? en supposant enfin que l'eau ne manque pas, disposera-t-on des engrais non moins nécessaires que les irrigations à la bonne végétation des arbres et aux succès de leur fructification? En hiver, les sources et les ruisseaux abondent dans les

mille vallons de la zone maritime, mais sous l'influence des chaleurs tropicales de l'été, ces eaux disparaissent dans le moment où l'on en aurait le plus grand besoin pour le service des irrigations.

Les difficultés ne sont pas moins grandes quand il s'agit de se procurer du fumier en quantité un peu considérable. Ce pays où règne la culture pastorale dans la plus large acception du mot, n'a pas de fermes proprement dites. Les animaux vivent toute l'année en plein air, et le peu de fumier que l'on recueille ne provient que des chevaux et des mulets affectés au service des voitures publiques ou aux transports des bois et des charbons. Les troupeaux sont, il est vrai, réunis pendant la nuit dans des parcs permanents, généralement établis près des habitations, mais ces animaux parqués sur la terre nue sans litière ne donnent que des quantités insignifiantes d'engrais.

Quant aux engrais artificiels, ils sont de peu de ressources en Corse à cause des frais exorbitants de transport sur la mer et dans l'intérieur du département.

Il faut donc que le planteur de cédratiers s'ingénie à trouver sur son propre domaine les fumiers dont il a besoin pour l'entretien de ses arbres. Quelle que soit l'étendue d'un domaine, il faut se garder de planter plus d'arbres qu'on ne saurait en arroser ou en fumer, sinon cette spéculation pleine d'espérances au début, aboutirait infailliblement à de ruineuses déceptions.

Les bons emplacements pour l'installation des cédrateries seront donc toujours fort rares sur la circonférence maritime de la Corse.

Le propriétaire d'un vaste domaine couvert de maquis devra s'estimer très-heureux quand, sur une étendue de 200 à 300 hectares, il possédera un ou deux hectares de cédratiers placés dans les conditions d'abri, de chaleur, d'arrosage et de fumier qui assureront la durée et les succès de ses plantations. Les ressources de chaque localité en eau d'arrosage et en fumier sont d'une appréciation facile et sûre, pour tout observateur qui connaît le pays et qui a eu la précaution de jauger, à différentes époques de l'année, les sources et les ruisseaux dont il peut disposer. Quant aux abris naturels, le temps et l'expérience seuls permettent d'en juger les effets et le degré de protection contre les intempéries de l'hiver. Une seule année d'observation ne suffit pas pour être complétement fixé à ce sujet. Pendant l'hiver de 1874, ce sont les cédratiers des arrondissements de Calvi et de Bastia qui ont le plus souffert du froid et de la gelée. Un grand nombre n'avaient plus de feuilles au printemps. Ceux des

environs d'Ajaccio, demeurés intacts dans le même hiver, ont été, au contraire, sérieusement atteints pendant l'hiver de 1875.

Au reste, le mal ne présente pas le même degré d'intensité dans toutes les parties d'une même cédraterie. Les vallons encaissés où l'on dispose les terrasses destinées au cédratier placent les arbres dans des conditions différentes d'abri et d'exposition. Généralement la cédraterie forme une demi-ellipse adossée à la montagne et ouverte sur une petite vallée. Dans une situation pareille, il n'est pas facile de déterminer à l'avance les points où ces plantations étagées en amphithéâtre seront les plus vulnérables et les plus accessibles aux météores qui nuisent davantage au développement des arbres. Une fois la plantation organisée, le mistral, le libeccio et les autres intempéries ne tardent pas à indiquer les points faibles de chaque emplacement et la nature des abris qu'il faut y appliquer, si on veut que les cédratiers n'y demeurent pas languissants et improductifs. Quiconque tient à s'épargner de graves mécomptes, se garde bien de planter du premier coup un grand nombre de cédratiers. Les spéculateurs les plus intelligents procèdent par des agrandissements successifs; ils évitent les fortes dépenses d'installation tant qu'ils ont des doutes sur l'abondance de l'eau en été et sur les effets des abris naturels en hiver.

C'est ainsi que les opérations ont été conduites dans les pénitenciers agricoles de Chiavari et de Castelluccio, situés sur la côte occidentale, aux environs d'Ajaccio.

Une autre considération qu'il ne faut pas perdre de vue et qui arrêtera longtemps l'extension du cédratier en Corse, c'est que la zone qui lui convient comme climat et comme température est infectée de *malaria* pendant une partie de l'année, qu'elle est déserte et inhabitable pendant les mois les plus chauds et les plus secs. Les ouvriers occupés à l'arrosage et aux façons diverses du cédratier peuvent à la rigueur y demeurer pendant le jour sans trop de danger pour leur santé; mais, pour échapper aux atteintes souvent mortelles de la fièvre, ils sont forcés d'aller coucher à la montagne, à des distances plus ou moins éloignées des cédratiers. Cette condition, qui ne souffre d'exception que dans des situations particulières, rend rare et chère la main-d'œuvre que les cédatiers réclament au cœur de l'été. Il est même des localités tellement insalubres, qu'il serait impossible de trouver des ouvriers qui consentissent à y séjourner à l'époque des plus grandes chaleurs de l'été.

Les terrains bas les plus favorables au développement et à l'existence des cédratiers sont généralement situés dans la zone la plus insalubre du département. Il faut tenir compte de cette difficulté qui rend la main-d'œuvre plus rare et plus chère pendant les mois d'été, et qui expose les cédratiers à être privés d'ouvriers au moment des arrosages et des façons, si la *malaria* vient décimer les rares habitants qui consentent à les soigner, moyennant un salaire exceptionnel.

Malgré les sacrifices énormes qu'elle impose comme frais de première installation, malgré les difficultés qu'on éprouve à réunir les conditions favorables à ces plantations, l'industrie des cédrats n'en reste pas moins, dans l'état actuel du marché, la première des spéculations culturales, celle qui l'emporte sur toutes les autres par ses profits et par le chiffre élevé de son produit brut à l'hectare. Il me reste à indiquer sommairement les détails pratiques de cette culture.

On ne connaît en Corse qu'une seule espèce de cédratier, le *citrus medica*, qui, selon toute probabilité, s'est constamment reproduit de bouture sur le type originaire cultivé au cap Corse. Il reprend de bouture sans aucune difficulté sur du bois d'un an terminé quelquefois par un fragment de vieux bois, comme on le fait pour les crossettes de la vigne.

Pour les nouvelles plantations, on se sert tantôt de simples boutures, tantôt de plants enracinés. Ces derniers ont l'avantage d'avancer la plantation d'un ou de deux ans, ce qui n'est pas à dédaigner pour des arbres qui sont en plein rapport à 7 ou 8 ans.

Le plant enraciné donne quelques fruits à la deuxième année de plantation, à la quatrième et à la cinquième année la récolte commence à avoir une certaine importance, surtout si les arbres ont été abondamment fumés et arrosés. La taille et la formation de l'arbre exigent une grande surveillance et des soins de tous les instants.

L'oranger et le citronnier végètent en toute liberté comme des arbres de plein vent, et une fois la tête de l'arbre formée et bien établie, la taille annuelle ne consiste que dans des nettoyages successifs destinés à conserver la forme régulière des arbres et à maintenir un juste équilibre de la séve dans toutes les branches principales de chaque sujet. Ces arbres demi-tiges peuvent sans de trop graves inconvénients s'élever à plusieurs mètres de hauteur. Le cédratier traité de la même façon n'arriverait jamais à une production satisfaisante.

Forme et espacement des cédratiers.

Le poids et la grosseur de ses fruits exigent que ses branches soient soutenues et palissées solidement. De plus, il est indispensable de maintenir l'arbre près de terre, si on veut qu'il souffre moins de la violence du vent et qu'il soit mieux protégé par les abris qui le défendent des intempéries. Parmi les cédratiers les plus âgés, on voit des formes essentiellement différentes. On en trouve qui partent de terre sur plusieurs tiges en forme de buisson, d'autres sur une seule tige en forme de gobelet. Des échalas verticaux réunis par des traverses horizontales servent à les soutenir et à les palisser. La forme en table ou en guéridon sur une tige unique de 1 mètre à 1^{m},20 de hauteur est celle que l'on observe dans les nouvelles cédrateries les mieux dirigées et les mieux installées.

De la partie supérieure de la tige se détachent avec une certaine alternance les branches mères en nombre plus ou moins considérable, suivant l'âge et la vigueur des sujets. Elles sont arquées et palissées sur un treillage composé de pieux verticaux réunis entre eux par un ou plusieurs étages de traverses horizontales. L'arbre ainsi dirigé forme un espalier horizontal de forme circulaire, carrée ou rectangulaire; les fruits pendent en girandoles sous cette



espèce de grand guéridon. — D'autres fois, les branches sont palissées par étages sur les traverses horizontales. C'est la forme adoptée pour le cédratier dont la figure accompagne cette notice.

Quel que soit le mode de palissage appliqué à cet arbre, on voit qu'on lui impose une forme hors nature. On maintient dans une position à peu près horizontale des branches qui, livrées à elles-mêmes, suivraient constamment la direction verticale. Il arrive alors ce qui se produit sur les pêchers soumis à des formes savantes qui ont pour effet de détourner les branches mères de leur position naturelle. Les branches horizontales émettent des gourmands nombreux et vigoureux qu'il faut maîtriser par le pincement ou le palissage, sous peine de les voir absorber une forte quantité de séve au détriment des fruits et des autres parties de l'arbre. A la taille d'hiver, ils sont supprimés ou palissés. On fait des boutures de ceux qui sont les plus longs et les mieux conformés.

La question de l'espacement des arbres divise les hommes les plus compétents sur cette culture. Il est difficile de donner une règle invariable à ce sujet. La distance à observer est subordonnée à la forme des terrasses où règnent les plantations, et au développement ultérieur des arbres. On les met suivant les cas à 3, 4 et 5 mètres de distance. Dans un endroit privilégié sous le rapport des abris, on comprend qu'on adopte la distance de 3 mètres, afin de planter le plus d'arbres possible sur le moins d'espace donné, et d'arriver plus promptement à une forte production. On préférera l'espacement de 5 mètres, si on ne manque pas de terrain, et si l'eau dont on dispose n'est pas très-abondante en été. — Les arbres les plus espacés offrent un avantage sérieux pour l'exploitant, ils sont vigoureux et peu sujets aux maladies : les travaux de palissage, de binage, d'irrigation et de récolte y sont plus faciles et moins chers que dans les cédratiers trop serrés entre eux et trop rapprochés.

Je sais bien qu'il est facile, par des arrachages successifs, de remédier aux inconvénients d'une cédraterie trop épaisse et trop chargée d'arbres. Mais n'est-il pas à craindre que des arbres maintenus trop rapprochés pendant les premières années de leur développement ne soient jamais d'une grande vigueur ni d'une grande durée?

Arrosage et bassins d'irrigation.

Nous savons déjà que le cédratier aime l'eau pendant l'été, plus même que l'oranger et le citronnier. Comment évaluer la quantité d'eau nécessaire à l'entretien annuel d'un cédratier? Cette dépense,

subordonnée d'ailleurs à la force de l'arbre et à la durée de la sécheresse, doit nécessairement varier suivant les années.

On admet que, pendant six mois de l'année, le cédratier doit recevoir deux arrosages par semaine, de 100 à 200 litres suivant la force de l'arbre, ce qui ferait 5 à 10 mètres cubes d'eau par cédratier.

L'eau destinée à ces arrosages provient tantôt d'une source ou d'un ruisseau qui tarissent plus ou moins en été, tantôt d'une rivière largement pourvue pendant toute l'année.

Dans ce dernier cas, les bassins hydrauliques ne sont pas nécessaires. Un simple barrage, en amont de la cédraterie, assure une alimentation d'eau en rapport avec les exigences des arbres et les conditions de la température. S'il s'agit au contraire de sources et de ruisseaux d'un débit irrégulier et peu sûr en été, il devient indispensable d'établir de vastes bassins servant à emmagasiner pendant l'hiver l'eau dont on aura besoin plus tard pour les irrigations de l'été. Ces bassins, construits avec du granit dur et cher à tailler, et de la chaux hydraulique apportée à grand frais du continent, forment l'une des plus fortes dépenses des cédrateries.

Dans beaucoup de cas, il n'est pas nécessaire de tenir en réserve 5 ou 10 mètres cubes d'eau par pied d'arbre. Si on a des sources ou des ruisseaux qui ne tarissent pas en été, on pourra se contenter de bassins qui représenteront seulement 2 ou 3 mètres cubes par arbre, à la condition qu'ils se rempliront deux ou trois fois dans le cours de l'été.

Habituellement, il existe au-dessus de la cédraterie une vallée étroite qui se prolonge fort avant dans la montagne. Cette petite vallée aux rives escarpées possède des sources assez nombreuses qui, en se réunissant sous forme d'un petit ruisseau, viennent traverser les terrains complantés en cédratiers.— Qu'un barrage, construit à un point favorable et s'appuyant par la base et de chaque côté sur des rochers gigantesques solides et imperméables, retienne une partie de ces eaux pendant la saison des pluies, et la cédraterie sera ainsi pourvue abondamment d'eau en été. Ce projet facile à réaliser en maints endroits a été mis à exécution au pénitencier agricole de Chiavari.

Il a suffi d'une digue pour barrer la vallée et former un bassin d'une capacité de 23 000 mètres cubes. — Cette réserve d'eau suffirait à l'arrosage de 2300 cédratiers, si on suppose que le ruisseau doive tarir pendant tout l'été, hypothèse qui ne s'est jamais réalisée.

Si au contraire le bassin se remplit deux ou trois fois pendant la saison chaude, par l'effet des orages, on y aura de l'eau en quantité suffisante pour 7 à 8000 cédratiers.

Ce magnifique travail, si précieux pour les irrigations et pour l'utilisation de l'eau comme force hydraulique, fait honneur à M. Franceschi, architecte du pénitencier, qui en a dirigé et surveillé l'exécution avec une intelligence et un dévouement au-dessus de tout éloge. La digue en maçonnerie, faite en granit dur extrait d'une carrière contiguë au barrage, mesure à la base 12ᵐ de largeur, au couronnement 6ᵐ de largeur, et en hauteur 17ᵐ pour la partie mouillée.

Ce puissant barrage qu'on aperçoit d'Ajaccio, à travers le golfe à une distance de 20 kilomètres, est sans contredit l'un des travaux hydrauliques les plus remarquables de la Corse et les plus intéressants à visiter pour quiconque veut avoir une idée de tous les avantages qu'offrent, aux localités basses, les eaux barrées et emmagasinées de la montagne. Ce travail merveilleux mérite d'être examiné dans tous les détails de sa construction. Il faut voir sur place avec quel soin on y a établi un premier bassin d'épuration, les déversoirs pour les trop-pleins des canaux principaux, la vanne de vidange et les grands robinets de distribution. Il faut voir aussi comment la forme et les différentes épaisseurs de la digue ont été combinées pour lui donner une solidité à toute épreuve, et prévenir, dans les temps d'orages et avec les eaux torrentielles, des dégâts qui seraient incalculables et irréparables.

Ce bassin est la vie du pénitencier, de ses jardins et de ses cédratiers.

La cédraterie du pénitencier agricole de Chiavari, organisée sur mes instances et sous mon contrôle, est ainsi constituée pour 1875 :

Plantation de 1873	206 sujets.
— de 1874	2794 —
— de 1875	2500 —
Total	5500

A l'exception des 206 arbres de deux ans, tous les autres occupent le même emplacement et sont arrosables par le grand bassin du Rupione. En 1876, cette cédraterie recevra une dernière augmentation de 1500 sujets, ce qui fera un total de 7000 cédratiers sur le domaine de Chiavari.

Ce sera, sans contredit, la cédraterie la plus étendue et la plus importante de la Corse. A quel produit brut cette magnifique plantation arrivera-t-elle dans cinq à six ans, quand tous ces arbres seront en plein rapport? — La récolte annuelle se chiffrera alors par plusieurs centaines de mille francs, si rien ne vient entraver le développement des arbres ni changer les conditions du marché d'exportation. Mais ne nous livrons pas à de trop belles illusions et n'oublions pas qu'en général les risques d'une entreprise sont en rapport avec les bénéfices qu'on se promet d'en tirer. En raison du climat exceptionnel de la localité, de ses eaux et de ses abris naturels, j'ai confiance dans l'avenir de cette belle création. — Il est certain qu'on arrivera à Chiavari à une production considérable; le point essentiel sera d'en trouver tous les ans un écoulement avantageux par le commerce d'exportation.

Je viens d'indiquer les conditions climatologiques et hydrographiques les plus favorables à la production des cédrats. J'ai exposé en outre les conditions qui obligent à donner aux cédratiers une conformation artificielle par une taille spéciale et par un palissage tout à fait exceptionnel. Il me reste à décrire les détails pratiques de sa culture tels qu'il m'a été donné de les observer dans les cantons où cette nouvelle spéculation a pris un certain développement. Dans ce chapitre je résumerai sommairement les diverses opérations que réclament la formation et l'entretien de la cédraterie.

Choix et traitement des boutures.

La cédraterie se forme de boutures ou de plants enracinés. J'ai dit précédemment que ces derniers sont préférables à cause de l'avance qu'elles offrent sur les boutures.

Malheureusement, les plants enracinés ne suffisent pas à la demande des planteurs, et pour des cédrateries étendues, on a souvent été forcé de procéder par le système des boutures. On a tout intérêt à les choisir sur des sujets sains et vigoureux, où le bois de l'année présente une écorce lisse, exempte de taches et d'une belle couleur verte. Les meilleures sont celles qu'on fait avec du bois de l'année et qui se terminent par 0^m,04 à 0^m,05 de bois de deux ans. Elles doivent avoir 0^m,35 à 0^m,50 de longueur, et 0^m,01 à 0^m,02 de diamètre à la base. Celles qui n'offrent pas ces dimensions seront réservées pour la pépinière, où elles seront converties en plants enracinés

pour les besoins ultérieurs des cédrateries. Là elles sont fumées, arrosées et soignées comme les plants d'oranger et de citronnier.

Pour ce qui est des boutures mises en place, sans passer par l'éducation de la pépinière, elles demandent à être traitées comme les plants enracinés, sur un terrain défoncé dans toutes ses parties à une profondeur de 0m,60 à 0m,75. On doit ouvrir pendant l'hiver des trous d'un mètre cube, les garnir au fond d'une terre de bonne qualité et les remplir avec un mélange de terre et de fumier bien décomposé. La mise en place a lieu du 15 mars à la fin d'avril, période pendant laquelle on n'a à craindre ni les gelées de l'hiver, ni les grands vents du nord, ni les fortes chaleurs de l'été.

La bouture, mise en terre au point de ne laisser voir à la surface qu'un bout de 0m,10, demande un sol fortement comprimé et immédiatement humecté par un premier arrosage. On préviendra la dessiccation de la bouture en enduisant de mastic son extrémité apparente et exposée à l'air.

Pendant sa végétation, les soins consisteront dans des binages et dans des arrosages proportionnés aux besoins de la plante. Les années suivantes, on continuera au jeune cédratier les mêmes soins, en le taillant, en le débarrassant de ses piquants, et en préparant petit à petit la forme en guéridon décrite précédemment. On fera grande attention aux fumures et aux arrosages, dont dépendent la vigueur des arbres et l'abondance de leurs fruits.

Le cédratier est un arbre d'une gourmandise extraordinaire. Ses racines ne sont pas pivotantes, elles se maintiennent à une faible distance de la surface du sol; peu disposées à chercher elles-mêmes leur nourriture dans les profondeurs du sous-sol, elles attendent avec avidité que la main de l'homme leur fasse une large distribution d'engrais et d'eau. Cet arbre demande deux fumures par an, une en décembre, immédiatement après la récolte, qu'on enterre ou qu'on met en couverture, suivant la nécessité de donner, dans des localités froides, un abri de plus aux racines du cédratier. La seconde fumure s'administre ordinairement en avril, elle est enterrée autant que le permettent les racines de l'arbre qui veulent être soigneusement ménagées.

Ne regrettons pas que le cédratier montre tant d'avidité pour le fumier. Il obligera les planteurs à soumettre leurs animaux au système de la stabulation permanente; on ne verra plus ce bétail errant partout dans la campagne, ce qui est la plaie de l'agriculture, et

petit à petit cesseront les habitudes déplorables de la culture pastorale, d'où naissent les procès, les vengeances, le mépris de la loi et la violation constante du droit de propriété.

Fumure du cédratier. — Difficultés spéciales à la Corse.

De toutes les conditions à remplir dans la culture du cédratier, il n'en est aucune de plus importante et hérissée en même temps de plus de difficultés que celle des fumures, sans lesquelles l'entreprise n'aurait aucune chance de durée et de succès. — Le sol, l'eau, les abris, le climat, c'est la nature qui les donne sans que l'homme ait besoin de faire de grands efforts et de s'imposer des sacrifices très-considérables. Dans la question des fumiers, la nature n'est que d'un faible secours, et c'est à l'industrie humaine qu'il faut demander la solution de ce problème, solution toujours difficile à trouver même dans les pays les plus propres à l'élevage et à l'entretien du bétail. Nous avons déjà dit qu'il n'existe pas en Corse de fermes proprement dites, et ce ne sera pas chose facile que d'en établir dans les terres malsaines et inhabitables pendants six mois de l'année, ou bien dans les centres de population disséminés çà et là sur les coteaux exempts en tout temps de *malaria*. — Vus de la mer, du bateau qui côtoie le rivage, les villages corses avec leurs maisons blanches ramassées comme des nids d'aigle au milieu des rochers, sur le flanc de la montagne, sont d'un effet aussi original que pittoresque. On les aperçoit de bien loin sur un fond noir d'oliviers et de maquis.

Mais cette situation, si avantageuse sous le rapport de la salubrité et de la défense, si ravissante pour le touriste dont la vue embrasse de vastes horizons de mer et de montagne, que d'obstacles elle oppose aux progrès de l'agriculture! Comment organiser des fermes, en les supposant même très-petites, dans ces villages privés d'air et d'espace, aux habitations serrées les unes contre les autres, très-élevées, à plusieurs étages, renfermant je ne sais combien de ménages, sans cours, sans jardins et sans rues? On ne peut réellement décorer de ce nom les allées étroites et montueuses faisant communiquer ces constructions disposées sans ordre sur des plans différents où l'établissement des routes offre de grandes difficultés et exige des sacrifices exceptionnels. — Je ne connais pas de situation plus ingrate pour les lourds transports de l'agriculture et plus incommode

pour les propriétaires désireux de donner leurs soins à l'amélioration de leurs domaines. Quand ils doivent se rendre au milieu de leurs travaux, ils ont toujours de longues distances à parcourir et des pentes rapides à monter ou à descendre. Comment produire des fumiers dans des villages constitués de cette façon? Il ne faut pas songer à créer des étables au milieu de ces habitations déjà trop resserrées et trop rapprochées. A peine y voit-on d'étroites écuries pour quelques mules de transport. Dans les villes les plus importantes, les gens qui viennent de la campagne se dispensent toujours de mettre leurs chevaux à l'écurie. Leur monture pauvrement harnachée se passe d'abris et essuie toutes les intempéries, attachée à un pieux sur la place publique, privée de nourriture et de toute espèce de soin, habitude déplorable pour l'animal qui en souffre et aussi pour les engrais dont la production est réduite à peu de chose dans les villes.

Rentré à la maison, cet animal exclusivement occupé à porter son maître et jamais sa maîtresse, fournira-t-il au moins quelque peu d'engrais pour les besoins des cultures? Pas le moins du monde. Il est immédiatement lâché au maquis, dont le pâturage lui procure nuit et jour sa nourriture et d'où il ne sortira qu'à la voix de son gardien et sous l'appât d'une poignée d'orge, pour de nouvelles courses à la ville ou de pénibles voyages à travers les montagnes.

Un autre obstacle à la confection des engrais, c'est la pénurie des substances propres à servir de litière aux animaux. Sur quelques points de la côte orientale et dans certaines vallées fertiles, on a de la paille de froment en assez grande abondance, mais ce sont là des conditions tout à fait exceptionnelles. Dans presque toutes les localités, on ne récolte qu'un peu de paille d'orge, qui, associée au foin non moins rare et non moins cher, est consacrée exclusivement à la nourriture des animaux de travail (bêtes de somme et bœufs de travail).

Le maquis, qui occupe tant de place dans toutes les propriétés, ne fournit guère plus de litière que la culture fort restreinte des céréales. Les plantes herbacées n'y sont pas abondantes, et les troupeaux qui y vivent les broutent au ras du sol pendant l'hiver et empêchent constamment de grandir ces végétaux, qui cessent du reste de pousser en été, à l'époque des plus fortes chaleurs. — Cette lande d'une nature spéciale, qu'on prendrait pour un taillis fourré et impénétrable, comprend surtout des arbousiers, des bruyères arbo-

rescentes, des myrtes, des lentisques et plusieurs autres végétaux ligneux d'une décomposition lente et difficile. Les cistes seuls, répandus exclusivement sur d'assez grandes surfaces qu'ils émaillent au printemps de fleurs blanches ou purpurines fort jolies, à côté de la couleur sombre et triste des autres maquis, sont faciles à utiliser pour la litière des animaux.

Pour ce qui est des engrais humains, personne n'a eu jusqu'à présent l'idée de les recueillir et de les appliquer à la fertilisation du sol, personne, bien entendu, en dehors des établissements pénitentiaires, qui ont au contraire grand soin de faire profiter les cultures de toutes les vidanges de la détention. Partout ailleurs on est trop heureux de les envoyer à la mer ou à la rivière, pour ne pas les voir abandonnés dans la cour intérieur des habitations, où ils forment des foyers d'infection aussi contraires à la propreté qu'à la salubrité des villes et des campagnes. — De tout ceci il résulte que le pays produit fort peu d'engrais et que, faute de soin et par suite d'habitudes regrettables, on perd totalement les déjections humaines et une grande partie des fumiers des animaux.

Cependant, si la Corse prétend à une large exportation de cédrats, elle n'y parviendra qu'en utilisant d'abord toutes les matières fertilisantes qu'on peut recueillir dans le pays, et en s'ingéniant à en créer de nouvelles par une application plus étendue des plantes fourragères, et par des modifications profondes apportées à la culture pastorale, système suranné qui n'est plus en rapport avec les exigences des spéculations actuelles de la Corse.

Tout le monde convient qu'il n'est pas de végétal plus avide d'engrais que le cédratier, mais personne n'est fixé sur le chiffre exact de la consommation d'un arbre en plein rapport. On est d'accord sur un point, c'est qu'il demande deux fumures abondantes dans le cours d'une année. On se contente généralement de fumer chaque pied dans le périmètre des racines principales. — On ferait mieux, si on avait du fumier en abondance, d'en répandre sur toute la surface, en se basant sur ce principe de physiologie que les racines tendent toujours à s'éloigner et à envahir tout le terrain, et que ce ne sont pas les ramifications les plus jeunes et les plus éloignées du tronc qui sont les moins affamées et les moins avides d'engrais.

Une étendue d'un hectare complantée de cédratiers absorbera pour une bonne fumure 60 000 kilog. de fumier, c'est la dose qu'on administre aux cultures industrielles dans les contrées les mieux

cultivées. Cette fumure répétée deux fois représente 120 000 kilog. à l'hectare, soit 300 kilog. par arbre. Ce chiffre de 300 kilog. par arbre est le maximum désirable à atteindre pour quiconque vise aux plus fortes récoltes de fruits.

Sur le continent, le prix du fumier est considéré comme très-élevé quand on l'achète plus de 10 francs les 1000 kilog. En Corse, tant que le cédrat se vendra bien, on pourrait le payer plus cher, l'acheter jusqu'à 20 francs les 1000 kilog., et en mettre pour 2400 francs par hectare, si les cédratiers sont en plein rapport et en mesure de donner en fruits une production brute de 50 francs par arbre. Mais, en supposant que les cultivateurs veuillent s'imposer de tels sacrifices en argent, leur projet serait irréalisable par l'impossibilité de trouver dans leur voisinage une aussi grande quantité de fumier à acheter.

Le chiffre de 120 000 kilog. de fumier par hectare, posé plus haut, est l'idéal vers lequel doivent tendre les efforts des producteurs qui ont en vue les plus grosses récoltes. Je suis convaincu que la plupart des cédrateries ne reçoivent que la moitié et même le quart de cette quantité, soit 30 000 kilog. en deux fois. Voyons comment on peut arriver à produire par soi-même cette quantité d'engrais, qui n'est à vrai dire que le quart d'une fumure normale de 400 cédratiers en plein rapport.

Une tête de gros bétail du poids vivant de 500 kilog. produit en chiffre rond 10 000 kilog. de fumier en une année de stabulation permanente avec une nourriture et une litière suffisamment abondantes. Tous les animaux de la Corse sont de petite taille et pèsent moitié du bétail des contrées les mieux cultivées; il faut les doubler quand on veut les convertir en tête de gros bétail. Par la force des choses, ces animaux ne pourront pas être en stabulation permanente, et ce serait déjà un progrès énorme que de les maintenir à l'étable pendant douze heures sur vingt-quatre, autre condition qui oblige à compter quatre animaux corses pour la production de 10 000 kilog. de fumier en une année. Une production de 30 000 kilog. exige l'entretien de douze vaches, douze bœufs, douze chevaux, cent vingt moutons ou cent vingt chèvres à l'étable la moitié de la journée, la nuit en hiver et le jour en été. Telle est la condition à remplir pour une cédraterie mise au régime d'un quart de fumure; il faudrait quatre fois plus d'animaux pour des arbres favorisés d'une alimentation abondante de 120 000 kilog. de fumier par hectare.

Où logera-t-on des troupeaux de cette importance? Nous savons déjà qu'il est impossible de leur trouver de la place au centre des villages.

Il faudra évidemment les installer au milieu des domaines, à portée des pâturages et des cultures qu'on y développera pour les nourrir; il y aura là des étables avec des annexes pour loger les serviteurs affectés à leur garde et aux soins de la culture; en d'autres termes, on sera amené à bâtir de petites fermes qu'on aura soin de placer dans la partie la moins insalubre de la propriété et la mieux située au point de vue des chemins destinés au transport des récoltes et des fumiers.

La solution de ce problème, rarement tentée par les particuliers, a été réalisée sans trop de difficultés au pénitencier agricole de Chiavari. Les troupeaux, soumis au pâturage pendant le jour, rentrent le soir dans les étables, où ils trouvent une litière faite de cistes, d'algues marines, parfois de paille et de foin avariés, toutes substances qui, imprégnées d'urine et de déjections solides, constituent un fumier d'excellente qualité.

Les animaux de rente (vaches et moutons) trouvent toute leur nourriture au dehors à certaines époques de l'année. Quand l'herbe commence à manquer, ce qui arrive souvent en été, et quelquefois en hiver, on leur donne à l'étable un supplément de foin sec, de luzerne verte ou sèche, de betterave, de carotte, de vesce verte mélangée d'orge, de crucifère, notamment de moutarde blanche.

Les animaux de travail (bœufs et mulets) ne participent en rien à l'alimentation pastorale. Occupés toute la journée aux travaux de l'extérieur, ils passent comme les autres toute la nuit à l'étable, et reçoivent pendant vingt-quatre heures trois repas composés généralement d'orge en grain et de foin naturel, le tout récolté sur le domaine de l'État.

Ce domaine, qui n'était en 1856 qu'un vaste maquis infecté de *malaria*, désert et abandonné aux animaux errants et aux bandits de la Costa, nourrit maintenant de nombreux troupeaux, grâce à la culture de l'orge faite sur les défrichements, à la création de prairies naturelles et de luzernières que fécondent des eaux venant de la montagne, grâce surtout à la mise en culture de toutes les vallées fraîches et fertiles qui sont la vie des troupeaux, tandis qu'elles ont été les foyers les plus actifs de *malaria*, tant que la main de l'homme a négligé de les assainir et de les cultiver.

Telle sera la marche à suivre dans les domaines où l'on voudra

produire des engrais en rapport avec l'importance qu'on désirera donner à la production des cédrats.

On devra bâtir de petites fermes au milieu des domaines, y entretenir un nombre de têtes de bétail dans la proportion des arbres à fumer, et y pratiquer une culture semi-pastorale avec des céréales (orge, avoine, blé et seigle) et des prairies naturelles et artificielles (luzerne, trèfle incarnat, vesce d'hiver, racines et crucifères). Pour les litières, on recueillera des cistes, des algues marines, des herbes de marais, des joncs, des foins inférieurs, en un mot toute substance ligneuse ou herbacée propre à absorber les déjections animales et à se décomposer facilement dans le sol.

Quant aux planteurs peu disposés à entreprendre le seul genre d'exploitation qui puisse fournir du fumier à un prix abordable, il est évident qu'il leur sera toujours impossible de se livrer à une production de quelque importance. Ils se borneront à l'entretien de vingt, trente ou cent arbres qui rapporteront plus ou moins suivant les efforts que l'on fera pour les fumer et les bien soigner. Rien n'empêcherait de les fumer avec des compost composés de feuilles de châtaigniers, de cistes, de débris de toute nature arrosés de temps en temps avec toutes les déjections humaines qu'on pourrait recueillir au village. Le peu de fumier de cheval, de mouton, de bêtes à cornes dont on disposerait, serait avec avantage mélangé à ces compost de cistes et de feuilles. On devrait également utiliser pour le même objet les cendres des foyers et la suie des cheminées. Enfin, dans les champs convenablement préparés, on devrait cultiver le lupin, et employer sa graine à fumer les cédratiers. Ses tiges desséchées, portées dans les parcs des animaux, contribueraient à augmenter la masse des fumiers. Les engrais chimiques, si efficaces dans certaines contrées, n'ont pas jusqu'à présent donné de bons résultats dans les essais tentés sur les domaines de l'État. Le phosphate fossile, si précieux pour la mise en valeur des défrichements, le superphosphate de chaux, le sulfate d'ammoniaque et même le guano ne paraissent pas très-efficaces en Corse, et les produits qu'on en obtient ne couvrent pas les dépenses qu'ils occasionnent. De nouvelles expériences avec d'autres substances feront peut-être connaître des engrais artificiels d'un effet meilleur sur le sol et les cultures de la Corse.

Dans tous les cas, si l'extension du cédratier n'est possible que par le défrichement et la mise en culture des maquis, ne devrait-on pas s'applaudir du développement d'une spéculation qui aurait pour

conséquence la transformation des terres incultes et l'assainissement des domaines qui offrent le sol le plus fertile et le climat le plus favorable aux cultures? Le cédratier deviendrait le pivot de toutes les améliorations, comme la betterave à sucre dans le nord de la France a été la pierre angulaire de la richesse des exploitants et de tous les progrès de leurs cultures.

Engrais verts, lupins, trèfle incarnat. — Algues marines.

Les engrais verts sont de nature à suppléer, dans une certaine mesure, aux fumiers de ferme toujours insuffisants pour la fumure des cédratiers. Seulement, dans ce cas, l'engrais vert est difficilement produit sur le sol même qu'il s'agit d'enrichir et de fertiliser. Comment pourrait-on cultiver une plante herbacée au milieu de cédratiers embarrassant et ombrageant toute la surface du champ? Qu'on le fasse pour de jeunes arbres peu développés, pour le blé sur la pâture ou la jachère qui le précède, ou bien pour la vigne, quand elle se trouve taillée, dépouillée de ses feuilles et plongée dans son sommeil hibernal, cela se conçoit aisément. Mais les circonstances sont bien différentes pour des arbres à feuilles persistantes dont la végétation ne souffre pour ainsi dire aucune interruption même pendant la période la moins chaude de l'année.

Il est de toute nécessité que l'engrais vert destiné à cette culture arbustive soit produit en dehors de la cédraterie. C'est un inconvénient au point de vue des frais de transport. Mais il n'y a pas moyen de faire autrement. Ces frais seront d'ailleurs considérablement diminués, si on a soin de produire l'engrais vert sur les champs les plus accessibles et les mieux situés, par rapport à la cédraterie.

Il y a en outre une sorte de compensation à ne pas faire naître l'engrais vert sur le sol même qui doit le dépenser. En effet, il ne rend alors à la terre que les éléments puisés dans l'atmosphère, tandis que s'il provient d'un autre champ, la cédraterie qui le reçoit profite doublement de cette fumure, elle en tire à la fois les éléments d'origine atmosphérique et ceux qui proviennent du sol où il s'est développé; en d'autres termes, 30 000 k. d'engrais vert apportés du champ voisin fertiliseront mieux la cédraterie que la même fumure qu'on aurait cultivée au milieu des cédratiers.

Parmi les plantes les plus aptes à jouer le rôle d'engrais vert, le lupin blanc (*lupinus albus*) occupe le premier rang par la vi-

gueur de sa végétation, la facilité de sa culture et l'abondance de sa récolte. Quoiqu'il ne soit pas insensible à la fertilité, à la fraîcheur et l'ameublissement du terrain, on peut dire qu'il n'existe aucune plante moins exigeante au point de vue des façons aratoires et du nettoyage du sol. Pourvu que la température le gratifie de l'eau et de la chaleur nécessaires à sa germination et à son développement, on est sûr d'en tirer bon parti, même dans les sables granitiques les plus ingrats et les plus épuisés. Il semble que cette légumineuse vigoureuse possède à un haut degré le don spécial de vivre aux dépens de l'atmosphère, et qu'elle ne demande au sol que de la seconder dans la première phase de son développement. Sa récolte presque toujours rémunératrice, quelle que soit la nature du sol, est néanmoins en rapport avec l'état de sa richesse et de sa fécondité.

Dans la province de Naples, sur un sol volcanique éminemment fertile, le lupin offre une végétation splendide, mesurant plus d'un mètre de hauteur, et fournissant par ses fleurs, ses tiges et ses feuilles, une masse énorme de substances fertilisantes.

En Corse, il est moins développé, quoiqu'on en voie de bien beaux sur les alluvions des vallées et de la plaine orientale; cependant on se trouve bien de sa culture, spécialement sur les champs accidentés où il est impossible d'apporter aucun autre engrais.

Le lupin se sème en septembre à la dose de 60 à 100 litres à l'hectare, c'est-à-dire au tiers de la quantité employée sur d'autres points de la France. Il végète pendant l'hiver et atteint au printemps son plus grand développement herbacé. C'est à cette époque qu'on doit l'abattre par un coup de rouleau et l'enterrer par un trait de charrue. Sa graine, dédaignée des oiseaux et des autres animaux nuisibles, est semée sur un seul labour et le plus souvent sur un chaume de céréale, sur une terre nue qu'on se dispense d'ameublir à la herse où à la charrue. Cette graine germe facilement sans qu'il soit indispensable de la recouvrir de terre; elle fait, sous ce rapport, exception avec toutes les semences connues. Quand cette grosse graine se trouve enterrée dans le sol, ses énormes cotylédons, destinés à devenir ses deux premières feuilles, semblent éprouver une certaine difficulté à sortir de terre; ils paraissent mieux s'accommoder d'une germination en plein air qui s'opère sous l'action de la première pluie qui vient humecter convenablement le sol et la semence.

Placé sur une surface exempte de toute préparation, le lupin croît au milieu des plantes spontanées qu'il domine par sa taille et sa

vigueur, sans toutefois arrêter la végétation des végétaux parasites. On utilise d'ailleurs ces herbes diverses pour le pâturage des moutons et des bêtes à cornes, qui les broutent et s'en nourrissent pendant l'hiver, sans toucher aux lupins et sans les gêner sensiblement dans leur végétation. On évite néanmoins de mener les troupeaux au milieu des lupins réservés pour la semence. Ceux-là occupent un champ à part jusqu'à leur maturité. Récoltés au commencement de juillet, ils rendent de 20 à 25 hectolitres de graine par hectare.

L'emploi de cet engrais s'est beaucoup répandu en Corse dans ces derniers temps. A Casabianda, on l'applique de préférence aux terrains en préparation pour le blé, l'orge et l'avoine, tandis qu'à Chiavari on cherche à l'utiliser principalement pour la fumure des vignes. On pense même s'en servir pour le même objet dans les nouvelles cédrateries, tant que les arbres espacés à 5 mètres n'auront pas un grand développement et laisseront entre eux des vides nombreux où le lupin se trouvera dans d'excellentes conditions de succès.

J'ai vu à Chiavari des lupins, semés à la volée sur un sol nu et sans aucune façon aratoire, produire en vert 24 000 kilogrammes de substances fertilisantes par hectare. La dépense de l'ensemencement, y compris l'achat de la graine, atteignait à peine 10 francs par hectare. Cette production verte de 24 000 kilogrammes représente environ 150 kilogrammes d'azote, sans compter les autres éléments assimilables. Il est évident qu'il n'est aucun engrais du commerce, aucun fumier de ferme qui puisse, sous le climat du Midi, réparer plus commodément et moins chèrement l'épuisement des champs par les cultures.

Les avantages incontestables de l'engrais vert invitent les planteurs de cédratiers, à court de fumier, à consacrer à la culture du lupin leur meilleure terre, des fonds de vallée, des alluvions profondes, fraîches et fertiles. Sur un sol de cette nature, si on n'a pas eu le temps de l'emblaver en lupin au mois de septembre, on peut encore le semer au mois de mars sur un labour suivi d'un hersage et en obtenir une récolte abondante, bonne à employer verte au mois de juin, ou à réserver sèche pour les besoins ultérieurs des cédratiers.

Le trèfle incarnat semé avant l'hiver donne parfois de bons résultats comme fourrage vert à enterrer ou à consommer au printemps. Malheureusement, cette légumineuse, qui se plaît tant sur les terrains légers et granitiques, a un ennemi redoutable dans une fourmi spéciale qui fait magasin de cette graine et qui la ramasse

complétement sans lui donner le temps de germer. Cet accident ne se produit pas quand on a le bonheur de faire coïncider l'ensemencement de ce trèfle avec une température pluvieuse, favorable à une prompte germination. Mais combien les pluies sont rares en Corse à la fin de l'été et au commencement de l'automne !

Les algues marines constituent des engrais verts précieux, dont on tire le plus grand parti en Bretagne, en Normandie et dans les îles de l'Océan. Les cultures herbacées et la vigne atteignent, à l'île de Ré, des rendements exceptionnels sous l'action des goëmons ou varechs, qu'on ramasse avec la plus grande attention sur toutes les côtes où la mer se plaît à les accumuler.

D'où vient que ces mêmes fucus soient moins recherchés sur le littoral de la Méditerranée, en Provence et en Italie, et qu'ils soient complétement dédaignés en Corse ? La mer en amoncelle des tas énormes auxquels personne ne fait attention dans le département le plus déshérité que je connaisse en fumier de ferme, en engrais du commerce et en litières pour les animaux. Au pénitencier de Chiavari, on se trouve très-bien de placer ces fucus dans les étables sous les animaux, et de les faire entrer pour une forte part dans la confection des fumiers. On a grand soin de les enlever de la plage dès qu'ils apparaissent aux points les plus favorables pour les transporter à la ferme. Une tempête en apporte un jour en ces endroits plusieurs milliers de mètres cubes, une autre tempête les reprend le lendemain pour les porter sur d'autres plages éloignées et inaccessibles.

Ces engrais marins déposés à proximité des cédrateries aideront à les fumer par l'emploi qu'on en fera pour la litière des animaux. Il n'est pas probable qu'on arrive à administrer directement ces algues à cette culture arbustive. Les fucus de la Méditerranée diffèrent de ceux de l'Océan. Les lames sont plus étroites, plus courtes et plus légères ; elles se dessèchent à l'air et mettent beaucoup de temps à se décomposer, on les voit revenir constamment à la surface et se laisser emporter par le vent, dont la fréquence et la violence ne sont que trop connues sur toutes les côtes de la Corse.

A Chiavari on a renoncé à cet emploi des algues dont les résultats paraissent douteux, et on s'en sert exclusivement comme litière sous les animaux. Mélangées aux déjections et soumises à la fermentation des fumiers en tas, elles n'offrent plus aucun des inconvénients des algues portées directement de la mer sur les champs en culture.

Terreautage.

Une autre manière de suppléer au fumier qu'on ne peut produire, à l'engrais vert, amoindri ou détruit par les intempéries, c'est de faire dans la cédraterie des apports de bonne terre, partout où on en trouve dans des conditions avantageuses d'extraction et de transport. Cette pratique, méconnue des agronomes les plus distingués, et passée sous silence dans les meilleurs traités d'agriculture, rend cependant des services considérables aux cultivateurs non-seulement dans les cultures jardinières, où le renouvellement du sol présente de si grands avantages, mais encore dans les grandes cultures, où les plantes herbacées n'en profitent pas moins que la vigne et les autres cultures arbustives.

Apporter sur un champ épuisé une terre prise dans des conditions déterminées, c'est l'enrichir de nouveaux éléments de fertilité et augmenter au profit des plantes le milieu où elles puisent l'eau et la nourriture dont elles ont besoin.

Qui ne sait que le vigneron de Cap-Breton (Landes) fume ses vignes des dunes en y apportant du sable vif extrait des surfaces laissées en repos et sans culture?

Les Bretons et les Normands font un large emploi des tangues et des sables coquilliers de la grève pour donner à leurs champs le calcaire et d'autres éléments utiles à la végétation. En Beauce et dans beaucoup d'autres localités, la terre vierge que l'on peut recueillir sur les bas côtés des chemins, le long des fossés, des clôtures, et dans tous les espaces vagues et abandonnés, produit dans les champs un effet égal au fumier de ferme, surtout si, avant de l'employer, on a eu le temps de la remuer et de l'exposer à l'action des agents atmosphériques. Il s'opère dans ce cas une espèce de nitrification et une modification des éléments constituants, favorables à la nutrition des plantes.

Pourquoi les planteurs de cédratiers n'useraient-ils pas du même procédé, bien connu du reste au cap Corse, où la terre recueillie dans les interstices des rochers (véritable terreau des jardins) est couramment employée pour l'entretien des plantations.

On ne saurait donc rechercher avec trop d'attention la bonne terre restée sans emploi dans le voisinage de la cédraterie. En alternant ce terreautage avec les fumiers, à la dose d'environ un demi-

mètre cube par arbre en plein rapport, on en obtiendra d'excellents résultats. Cette expérience faite en grand sur une vigne de Chiavari ne laisse aucun doute à ce sujet.

En vue des rigueurs plus ou moins éventuelles de l'hiver, la question des abris doit éveiller toute la sollicitude du cultivateur. Il suffit d'une gelée exceptionnelle et d'un coup de vent pour produire des dégâts dont les effets se feront sentir ensuite pendant plusieurs années.

Abris artificiels.

Le cédratier gèle, dit-on, à + 3°, tandis que le citronnier ne commence à souffrir qu'à 0° et l'oranger à — 3°. Il est de beaucoup le plus sensible au vent du nord, dont le souffle violent et glacé détruit infailliblement ses fleurs et ses feuilles.

Tant que les arbres ont peu de développement, on se contente d'un simple capuchon de bruyère ouvert d'un côté, et protégeant l'arbre contre le vent et le soleil levant, abri de peu d'importance qu'on enlève au retour de la belle saison.

Les arbres adultes sont défendus contre le vent et le froid par des abris verticaux et des abris horizontaux.

Les premiers coupent les vents qui viennent de la mer ou de la montagne, et restent en permanence sur le terrain. Les seconds, au contraire, ne servent que pendant l'hiver contre les fortes gelées. Posés après la cueillette des fruits, ils sont enlevés vers la mi-mars. — Les abris verticaux sont des palissades en planches, des murs en maçonnerie, ou de grands paillassons de maquis, de roseaux de paille, paillassons qui servent également pour les abris horizontaux. Ces différents abris sont aussi efficaces les uns que les autres; dans chaque localité, on donne naturellement la préférence au système qui coûte le moins à établir et à entretenir.

Les abris horizontaux ne sont pas nécessaires dans toutes les localités. Quand l'arbre peut s'en passer, il ne s'en porte que mieux.

Les abris fixés sur les pieux verticaux du palissage doivent déborder un peu le périmètre extérieur de l'arbre. Quoiqu'ils forment couverture au-dessus du cédratier, ils n'empêchent pas ce dernier de se mettre en équilibre de température avec l'air ambiant, mais ils le préservent du rayonnement solaire si dangereux pour les feuilles et les jeunes bourgeons soumis à un fort abaissement de température.

Les abris verticaux atteignent 3 à 4 mètres de hauteur. Ils sont d'autant plus efficaces qu'ils sont plus rapprochés les uns des autres. On ne saurait trop les multiplier. On remarque que ce sont les arbres les plus voisins des abris qui se montrent les plus vigoureux et les plus productifs. On peut dire que les cédratiers sont en chambre quand, pendant l'hiver, on voit les paillassons qui les couvrent et qui les enveloppent de tous les côtés.

On a tenté vainement d'envelopper de paille le cédratier comme on le fait pour certains arbres exotiques. Dans cet état, l'arbre manque d'air, et il perd en grande partie ses feuilles et ses ramifications fructifères. L'agitation imprimée à l'arbre par la violence du vent semble très-nuisible à la formation des fruits. Aussi, il n'est délié de son treillage que le temps nécessaire à sa taille et au rétablissement du nouveau palissage qui résulte de l'alongement annuel de chaque branche. L'opérateur ne passe à un autre cédratier que lorsque le précédent est complétement taillé et rattaché. Ce serait donc une pratique vicieuse que d'enlever pendant l'hiver les pieux qui servent à palisser les arbres, pour les faire durer plus longtemps. Pour une économie insignifiante, on s'exposerait à une perte considérable dans la production des fruits.

Caractères distinctifs du cédratier. Floraison et fructification.

Le cédratier est, dit-on, originaire des contrées situées au delà du Gange, c'est-à-dire de la partie tropicale de l'Asie. — On ne doit pas s'étonner qu'il supporte mal la gelée et la neige des climats moins chauds où l'on essaye de le propager. — Les botanistes le désignent sous le nom de *citrus medica*. Les pépiniéristes en cultivent plusieurs variétés. On n'en connaît en Corse qu'une seule variété, qui, du cap Corse, s'est répandue successivement sur divers points du département. Cet arbre se distingue facilement de l'oranger et du citronnier par la vigueur de ses pousses et par la largeur de ses feuilles. Son principal mérite, pour la culture, réside dans son fruit, dont la grosseur, la forme, le goût et d'autres qualités spéciales empêcheront toujours de le confondre avec toutes les variétés de citrons et d'oranges. Ces fruits sont volumineux, oblongs et à surface raboteuse. Les fleurs sont hermaphrodites, quelquefois unisexuelles par avortement, solitaires ou réunies en grappes à l'aisselle des feuilles et sur des brindilles que portent les branches principales et les ramifications secondaires.

La taille, le pincement et l'arcure permettent de distribuer régulièrement les brindilles fructifères dans toutes les parties de l'arbre. Les fleurs apparaissent sur les cédratiers depuis le mois de février jusqu'au mois d'août et même de septembre. En février, mars et avril, la plupart des fleurs avortent sous l'action des intempéries. Les fleurs fécondes ne sont très-abondantes que dans les mois de mai et juin. Les plus beaux fruits proviennent toujours des fleurs de la première fécondation. Celles du mois d'août donnent encore des fruits vendables dans le mois de décembre.

Les arbres commencent à donner quelques fleurs à l'âge de deux ou trois ans. On doit sacrifier impitoyablement ces premiers fruits, sous peine de nuire considérablement au développement des jeunes sujets.

Production brute du cédratier.

A l'âge de quatre ans l'arbre peut rapporter 4 à 5 k. de fruits, à à sept ou huit ans il est en plein rapport et donne 40 à 50 k. de fruits. A quinze ans les meilleurs sujets pourront atteindre le chiffre maximum de 100 k. Des arbres isolés et recevant des soins exceptionnels dépassent de beaucoup ce maximum, mais la production d'une cédraterie doit être appréciée et évaluée d'après les rendements ordinaires et moyens qu'on observe dans la plupart des cultures.

J'ai visité à la Solenzara une cédraterie d'une étendue de 25 ares, où l'on comptait une centaine d'arbres en plein rapport. En 1872, chaque arbre a produit des cédrats pour une valeur de 50 francs.

En mars 1874, la cédraterie de Porto, l'une des plus importantes et des mieux dirigées de la Corse, renfermait 1650 arbres, dont 28 de huit ans, 405 de cinq ans et 1217 de quatre ans.

La production de trois années successives se résume dans le tableau suivant :

ANNÉE.	RENDEMENT TOTAL.	RENDEMENT PAR ARBRES.	PRIX DU KILOGRAMME.
1871	3 600 k.	2 k. 1/2	0 fr. 62
1872	13 200	8	1 12
1873	37 200 k.	22 k. 1/2	0 66

Cette plantation, qui occupe environ 4 hectares de terre, est arrivée en 1873 à une production brute en argent de 24 662 francs.

A la Solenzara, une centaine d'arbres répartis sur une surface de 25 ares ont rapporté une année 50 francs par arbre, et une autre année 70 francs.

Une troisième cédraterie située à Calenzana, commencée en 1867 par 25 pieds d'arbres et portée successivement au chiffre de 560 sujets distants entre eux de 4 mètres, a donné pendant six ans les résultats suivants :

En 1870	35 francs.
En 1871	800
En 1872	4000
En 1873	5800
En 1874	6500
Total	17135

Soit une moyenne par année de 3427 francs et par pied d'arbre de 24 francs. Pour 1874, le produit de chaque cédratier s'élève à la somme de 46 francs, si on ne compte que les arbres en plein rapport.

Ces trois cédrateries, placées l'une sur la côte orientale et les deux autres sur la côte occidentale, sont de création assez récente. Bien qu'un certain nombre des sujets dont elles sont peuplées ne soit pas encore en plein rapport, on voit qu'elles atteindront facilement un produit brut de 50 francs par arbre, tant que les prix du marché se maintiendront entre 1 franc et 0,60 le kilogramme. Dans de telles conditions, une cédraterie composée de 400 arbres répartis sur une étendue d'un hectare donnerait un produit brut annuel de 20 000 fr.

Vers les mois de juillet et d'août, dans certaines localités du cap Corse, on recueille sur les arbres quelques fruits jeunes et verts pour les juifs, qui s'en servent, sous le nom de *vittime*, à leur fête des tabernacles. Leur prix est en rapport avec la valeur vénale des cédrats destinés à la confiserie.

Quels sont les frais annuels qui pèsent sur cette production brute de 50 francs par sujet ?

Ce chiffre, qui doit comprendre l'intérêt et l'amortissement du capital dépensé en frais du premier établissement et de plus les dépenses annuelles de loyer, de main-d'œuvre, de fumure, etc., varie nécessairement suivant les localités et les conditions plus ou moins favorables de chaque emplacement, au point de vue du sol, des abris et des irrigations. Les planteurs les plus expérimentés affirment

que les dépenses de toute nature ne dépassent pas 15 francs par pied d'arbre. C'est là un maximum qui n'est jamais atteint dans les plantations les mieux administrées. — Les frais annuels d'entretien se réduisent souvent à 4 ou 5 francs par cédratier.

Récolte et vente des cédrats.

Cet arbre, en fleur et en fruit pendant les 2/3 de l'année, ne donne pas sa récolte à une date précise et déterminée. La cueillette des cédrats commence vers le 15 octobre et finit au 15 novembre.

On les récolte quelques jours avant leur parfaite maturité, qui se trahirait par la belle coloration jaune de leur écorce. Ce sont les cédrats verts qui sont les plus recherchés des acheteurs. Il y en a naturellement de différentes grosseurs, puisqu'ils résultent d'une fructification successive et non interrompue.

Les fruits marchands ont un poids qui varie entre 1 kilogramme et 1 kilogram. 1/2. Dans le nombre il s'en trouve toujours quelques-uns qui sortent des limites que je viens d'indiquer. — L'opération de la cueillette s'effectue avec les précautions qui sont nécessaires pour n'endommager ni les arbres ni les cédrats.

Généralement, on les vend sur place à des marchands qui les embarquent immédiatement pour l'exportation. — Pendant longtemps celle-ci n'a pas dépassé un million de kilogrammes. En 1873 elle s'est élevée, dit-on, au chiffre de 1 800 000 kilog.

En moins de dix ans, la production atteindrait 10 millions de kilogrammes, si le commerce d'exportation pouvait les prendre à un prix rémunérateur.

Jusqu'à présent, la culture du cédratier s'est faite à l'état de petite culture et de jardinage. Un propriétaire s'estimait heureux d'entretenir 40, 50, 100 cédratiers. Les plantations de 50 à 100 ares, qui sont considérées comme très-importantes, sont peu nombreuses et de récente création. Pour ce qui est des cédrateries de 5 à 10 hectares, comme celles de Porto et de Chiavari, elles sont exceptionnelles, et n'auront que de rares imitateurs, à cause des avances qu'elles imposent et des ressources considérables qu'elles exigent en eau, en engrais et en main-d'œuvre.

Ce sont principalement les petites cédrateries qui se développeront dans le pays et qui contribueront à alimenter sur une large échelle le commerce d'exportation.

Quand on en trouve un bon prix, on a tout intérêt à réaliser de suite une production dont la conservation offre ses difficultés et ses dangers pour le cultivateur peu expérimenté et placé dans l'intérieur à une certaine distance de la mer.

L'opération se simplifie pour les cédrateries où l'on peut se procurer de l'eau de mer facilement et sans aucun frais de transport. Dans une telle situation, quand il survient une forte baisse de prix à l'époque de la récolte, on n'a rien de mieux à faire que de retarder la vente de quelques mois et d'attendre un moment plus favorable à l'écoulement des fruits. On les coupe en 2 ou 4 morceaux suivant leur grosseur, et on les introduit dans des tonneaux soigneusement nettoyés et pourvus à l'endroit de la bonde d'une ouverture carrée suffisamment grande pour l'introduction des quartiers de cédrats.

Ces tonneaux, remplis d'eau de mer, sont immédiatement le siége d'une fermentation active et régulière. Pendant tout le temps que dure cette fermentation, le niveau de l'eau baisse dans les tonneaux, et il est indispensable d'en ajouter de nouvelle deux fois par jour, matin et soir. De plus, l'eau des tonneaux doit être renouvelée complétement tous les quatre ou cinq jours, jusqu'à ce que la fermentation soit terminée. Ce renouvellement de l'eau de mer a lieu 3 ou 4 fois. Quand on le pratique, on a soin de retirer en même temps les quartiers de cédrat et de rejeter les morceaux altérés et mal conservés. Ces parties décomposées ne tarderaient pas à gâter toute la masse, si on les laissait séjourner dans les tonneaux. En 1874, j'ai vu à Porto des cédrats traités de cette façon, dans un état parfait de conservation six mois après la récolte.

Accidents et maladies des cédratiers.

Les exigences du cédratier en ce qui concerne les fumures, les abris et les irrigations en limitent singulièrement la culture dans la zone basse, où le climat reste doux et tempéré pendant la saison la plus froide de l'année.

Il est bien rare qu'une propriété, quelle que soit son étendue, offre des emplacements convenables pour 1500 ou 2000 cédratiers, et il est plus rare encore que le propriétaire de ces emplacements dispose des ressources nécessaires à l'entretien de plantations aussi importantes. Le cultivateur assez heureux pour réunir cet en-

semble de conditions exceptionnelles, serait blâmable de ne pas tenter une culture qui présente de si grands avantages sur les autres spéculations végétales, et son intérêt bien entendu lui prescrit de hâter le développement de ses arbres et de les mettre promptement en plein rapport. Mais il ne faut pas que les succès des premières années lui fassent oublier les accidents et les revers inséparables de toutes les entreprises humaines. La région la plus favorable au froment n'a-t-elle pas ses hivers qui détruisent complétement cette précieuse céréale? De même, sous le climat propre au cédratier, il survient de loin en loin des froids intenses qui anéantissent les plus belles plantations. En supposant que les racines n'aient pas été atteintes, les arbres demeurent improductifs plusieurs années, jusqu'à ce que l'on ait rétabli leur forme primitive et qu'ils soient en mesure de produire de nouvelles fructifications. Les arbres affaiblis en hiver par la gelée, en été par l'insuffisance des arrosages et des fumures, tombent généralement dans un état de langueur qui nuit beaucoup à l'abondance de la récolte. C'est sur ces sujets souffreteux et languissants qu'apparaissent tout à coup la gomme, la fumagine, le kermès et l'oscine dont les arbres ont tant souffert, depuis quelques années, dans les plantations si renommées du cap Corse.

La gomme, aussi pernicieuse pour les cédratiers que pour les pêchers, paraît être le résultat des transitions brusques de température. L'écorce atteinte de la gomme, en s'altérant et en se décomposant, entraîne la destruction et la mort des ramifications les plus jeunes et les plus utiles à la production des fruits.

Les arbres chargés de gomme dépérissent et subissent une diminution considérable dans le rendement des cédrats. On ne saurait donc apporter trop d'attention aux abris les plus propres à protéger les arbres contre les refroidissements subits de la température. C'est le moyen le plus sûr d'éviter les conséquences fâcheuses de cette maladie. Quant au remède à appliquer aux arbres qui en sont atteints, il consiste à rappeler la force de la végétation et la vigueur des cédratiers par les façons répétées du sol, d'abondantes fumures et des arrosages en rapport avec les besoins de la plante.

La fumagine est, suivant les entomologistes, la conséquence des dégâts causés sur les arbres par le kermès des hespérides.

Cette maladie n'est que trop facile à reconnaître dans les cédrateries. L'arbre qui en est atteint a son écorce et ses feuilles totalement recouvertes d'une substance noire exactement semblable à du

noir de fumée. — D'après des observations recueillies en Algérie, voici comment la fumagine se développe à la suite d'un premier travail opéré par le kermès. L'insecte projette à distance des gouttelettes d'un certain liquide qui s'amoncelle et recouvre les feuilles et les rameaux placés dans sa sphère d'action. Bientôt cette liqueur change de couleur, devient noirâtre, et c'est alors que les champignons prennent naissance sur cette espèce de couche d'engrais. Ils s'y multiplient à l'infini et finissent par faire périr la plante, en gênant peut-être l'arrivée des gaz de l'atmosphère dans les organes foliacés. On recommande de combattre le fléau par toutes les pratiques propres à arrêter la multiplication de l'insecte qui semble être la cause originaire de la maladie. Une taille intelligente, des nettoyages fréquents, un badigeonnage à la chaux sur toutes les écorces, des aspersions de la même nature sur les feuilles à l'aide d'une pompe à main, tels sont les procédés qui paraissent le mieux faire contre cette invasion d'insectes et de champignons.

Le kermès des hespérides, cause première de la fumagine, se reconnaît facilement à l'œil nu. On le trouve à l'état de gale sur toutes les parties de l'arbre. On le rencontre sur les feuilles et sur les jeunes pousses parfois en si grande quantité, qu'elles en sont presque entièrement recouvertes. Ces insectes vivent aux dépens de l'arbre dont l'épuisement s'annonce bien vite, par la couleur jaune des feuilles et par la chute des fleurs et des fruits.

Le kermès se rencontre fréquemment sur les arbres de la famille des aurantiacées (orangers, citronniers, cédratiers), où il est facile de le distinguer à l'œil nu, et où il ne fait aucun mal appréciable, tant qu'il ne trouve pas de conditions favorables à son développement et à sa multiplication. Il n'en demeure pas moins un ennemi redoutable dont il importe de bien connaître le mode d'existence, les mœurs et les moyens de reproduction, si on veut se mettre en mesure de prévenir ses ravages et de mettre obstacle à sa puissance prodigieuse de multiplication.

Il n'est pas d'insecte dont l'histoire naturelle soit plus curieuse et plus digne de fixer l'attention des arboriculteurs.

J'emprunte à Latreille, éminent entomologiste du commencement de ce siècle, l'extrait suivant où il résume l'histoire de cet insecte destructeur. « Il y a des kermès mâles et des kermès femelles. Le mâle est ailé, ses antennes sont longues, composées de 9 à 10

articles; son corps est allongé, terminé par deux filets sétacés; ses deux ailes sont horizontales.

» La femelle est sans ailes; son corps d'abord de forme ovale prend ensuite la figure d'une galle, finit par se dessécher et sert à couvrir les œufs.

» Dans leur jeunesse les femelles courent sur les feuilles et ensuite se fixent sur les tiges ou les branches des arbres où elles passent plusieurs mois de suite, c'est alors qu'elles prennent la figure d'une galle ou d'une excroissance.

» C'est sur les arbres et les plantes qui passent l'hiver que croissent ces insectes. Il leur faut une plante qui les nourrisse pendant un an, terme fixé pour la durée de leur vie.

» Après avoir pris leur accroissement, ils ressemblent à un bateau renversé. Ils ne parviennent au terme de leur développement que vers le milieu ou au plus tard vers la fin du printemps. Si on les examine à cette époque, on reconnaît que les uns sont vivants et immobiles et les autres morts dès l'année précédente. Si on observe ces insectes un peu plus tard, leur peau ne paraît plus être qu'une simple coque contenant et couvrant une infinité de petits grains rougeâtres, oblongs, qui sont des œufs.

» Les petits qui en sortent restent encore pendant quelques jours sous la peau de leur mère. C'est avec son propre corps que la femelle du kermès couvre ses œufs, il leur tient lieu d'une coque bien close. Elle est encore utile à ses petits même après sa mort, puisqu'ils restent plusieurs jours sous son corps desséché. Elle meurt peu de temps après avoir fait sa ponte, qui est de 2000 à 4000 œufs, suivant les espèces. »

D'après ces observations, il ne suffirait pas d'enlever des écorces les kermès par un brossage énergique, il faudrait en outre détruire par un lavage approprié ces myriades d'œufs microscopiques déposés sous le corps desséché des femelles.

L'oscine n'est pas moins redoutable que le kermès pour les plantations de cédratier. La femelle se couvre d'une matière blanche, cotonneuse, dont elle tapisse les feuilles, les fruits et les jeunes ramifications. On croirait ces organes couverts d'un épais lait de chaux. Cet insecte se multiplie avec une rapidité prodigieuse et donne lieu au *blanc* ou *maladie blanche* qui forme contraste avec la fumagine dite *maladie noire*.

A l'état de larve ou d'insecte parfait, il vit du suc de la plante en

attaquant, avec ses organes perforateurs, les feuilles, les fleurs, les fruits et les jeunes écorces. Les dégâts de l'oscine ont pris des proportions considérables sur les cédratiers du cap Corse. On a vu beaucoup d'arbres s'épuiser et périr sous l'action destructrice de cet insecte. On a essayé de combattre le fléau par des procédés analogues à ceux qui sont recommandés pour la destruction du kermès, mais jusqu'à présent il n'en est aucun qui ait donné des résultats complétement satisfaisants.

On doit donc, avant tout prévenir le mal en maintenant la vigueur des arbres par des soins multipliés et intelligents. Dès que l'insecte apparaît sur un sujet, il faut s'empresser d'extirper les parties attaquées et au besoin sacrifier l'arbre contaminé et le brûler aussitôt. On sait que cet insecte abandonne les arbres dès qu'ils sont épuisés et mourants, et qu'il continue son œuvre de destruction en attaquant successivement tous les sujets de la plantation.

Ces divers accidents ont frappé principalement le cap Corse, le véritable berceau de la culture du cédratier. Les cultivateurs du cap Corse, remarquables par leur énergie et leur amour du travail, connaissent de longue date toutes les péripéties de cette culture. Envisagée dans le passé, elle apparaît avec un cortége singulier de revers et de succès où l'on voit des années désastreuses succéder à d'autres éminemment productrices.

Les fluctuations extrêmes de cette production ont été occasionnées tantôt par des fléaux naturels, tantôt par la situation économique des débouchés.

Dans l'intérêt des populations de ce département, souhaitons qu'il soit vrai que le cédrat corse soit le meilleur des cédrats connus dans l'ancien et le nouveau monde, qu'il ait pour la médecine, la parfumerie, la confiserie et d'autres usages culinaires, des qualités spéciales que ne posséderaient pas les cédrats de l'Italie et de l'Algérie. Souhaitons surtout que les prix si rémunérateurs de ces derniers temps, se maintiennent pendant une longue série d'années, et que les nouveaux débouchés qui se sont ouverts pour cette production, sur les marchés de l'Europe et de l'Amérique se multiplient et s'étendent, en proportion de l'accroissement et des progrès de cette culture sur la zone maritime de la Corse.

Rien ne peut contribuer davantage à la prospérité du pays, en y attirant les capitaux si nécessaires au développement de son agricul-

ture, de son commerce et de son industrie. Aucune spéculation n'est plus propre à hâter la mise en valeur des maquis et l'assainissement des terres insalubres. Ne doit-on pas espérer que l'impulsion donnée à l'agriculture par la production des cédrats contribuera au bien-être matériel des populations et généralisera dans toutes les parties de l'île ces habitudes de travail, d'ordre et d'économie, qui font la force et la prospérité d'un pays?

Si on parvient à étendre la culture du cédratier et à créer en Corse toutes les industries qui s'y rattachent, ce sera un moyen certain d'y attirer les capitaux dont on a tant besoin pour la mise en œuvre des ressources naturelles du pays. La *malaria* et le banditisme qu'on appelle, à juste titre, les deux plus grands fléaux de la Corse, disparaîtront promptement dès que les populations s'adonneront davantage à tous les travaux des champs.

La Corse n'a par elle-même qu'une main d'œuvre très-restreinte pour les travaux pénibles de la terre. Les bêchages du sol, l'entretien et la construction des routes, les travaux de maçonnerie et d'assainissemeut ne sont pas du goût des indigènes. Leur fierté naturelle les porte à dédaigner ces opérations manuelles pour la vie pastorale, les promenades et les discussions de la place publique. Des légions d'Italiens connus sous le nom peu respecté de Lucquois débarquent tous les ans au port de Bastia et viennent passer l'hiver en Corse, se répandant dans les villes et les campagnes où l'on attend leur retour pour réprendre tous les travaux d'une certaine importance. C'est une population laborieuse, patiente, docile, d'une sobriété sans exemple, et n'ayant aucune exigence pour le vêtement, la nourriture et le logement. Ils voyagent sans bagage, n'ayant d'autre vêtement que ceux qu'ils portent, d'autre mobilier que leur longue bêche triangulaire, et la marmite où sera préparée trois fois par jour la *polenta*, leur unique nourriture pendant toute la durée de leur séjour en Corse. La physiologie devrait nous dire comment il se fait qu'une alimentation si simple et si uniforme suffit, avec l'eau pour boisson, à maintenir en force et en bonne santé des ouvriers actifs et vigoureux pour tous les travaux de l'agriculture.

Journaliers payés 1 fr. 75 à 2 francs par jour, on les voit en petites escouades sous l'œil du propriétaire, bêcher les champs et les jardins, ne prenant de repos que le temps nécessaire à leur repas et se contentant pour la nuit d'une simple étable garnie de paille où ils s'entassent tout habillés et reposent sur la dure les uns à côté des

autres, sans jamais se plaindre d'un coucher si peu confortable pour des gens fatigués et brisés par le travail.

Tous les travaux leur sont bons. Dans les terres marécageuses ils travaillent sans difficulté dans l'eau jusqu'à mi-jambe, occupés toute la journée à curer ou à creuser des canaux d'assainissement ou d'irrigation. Les terres basses propres au maïs, les coteaux garnis de vigne, les plantations d'orangers, de citronniers, de cédratiers sont bêchées pendant l'hiver par ces Lucquois. Leur nourriture, qui est leur unique dépense, ne coûte que quelques centimes par jour. Tout ce qui leur reste sur le prix de la journée se transforme en épargnes qu'ils emportent en bonnes espèces sonnantes en Italie dans le courant du mois d'avril. Semblables aux hirondelles, ils ont pour leur arrivée et leur départ des dates à peu près invariables. Le terme du départ arrivé, il devient impossible de les retenir. La crainte de la *malaria*, dont les retardataires sont quelquefois les victimes, est pour beaucoup dans l'empressement qu'ils mettent à regagner leur pays natal.

D'origine italienne comme le Lucquois, parlant à peu près la même langue, le paysan corse ne ressemble en rien à l'émigrant d'Italie. Il en diffère essentiellement par sa taille moins élevée, sa physionomie intelligente, son caractère fier et indépendant et toutes les habitudes de sa vie. L'un chemine à pied toujours muni de sa bêche classique et sous un costume qui rappelle son origine et sa nationalité. L'autre, cavalier consommé et tireur émérite, ne sort jamais sans son fusil qu'il porte avec amour comme l'objet le plus précieux et le plus nécessaire à sa sûreté personnelle. Le Lucquois au caractère doux et simple, à l'attitude résignée et soumise, semble fait pour les rudes travaux de l'agriculture. On voit qu'il provient d'une population active, laborieuse, toute entière aux soins de la petite culture et du jardinage. Le Corse, au contraire, est de la race intrépide des chasseurs et des soldats, il recherche instinctivement la lutte et le danger. Les émotions de la chasse et du jeu, la vie nomade et accidentée du pasteur et du muletier au milieu des maquis, dans la solitude des forêts et des montagnes, lui plaisent infiniment plus que les occupations paisibles et régulières du laboureur.

On se tromperait du reste, étrangement, si on pensait qu'il n'existe qu'un seul type pour toute la Corse. Les occupations journalières et les habitudes du Corse offrent de grandes différences suivant les localités. A Bastia, au cap Corse, à Bonifacio, l'horticulture et l'ar-

boriculture sont en honneur et plaisent aux gens de la campagne et de la ville. Dans les parages d'Ajaccio et de Sartène, c'est la viticulture qui a la préférence de l'exploitant; sur d'autres points on s'adonne davantage aux oliviers, à la sériciculture, à la production des cédrats, aux cultures du blé, de l'orge, du maïs, de la luzerne et de la prairie naturelle. Les différences ne sont pas moins tranchées pour le caractère et les mœurs des habitants. Le sauvage berger du Niolo, qui vit toute l'année en plein air, à la plaine ou à la montagne suivant la saison, a-t-il rien de commun avec les Corses sédentaires qui se consacrent aux travaux des champs ou aux industries diverses des villes? Pour ce qui est des opérations les plus pénibles, les Lucquois occupent partout le premier rang, surtout quand il s'agit de façonner le sol à la main, de le défricher ou de faire quelque travail important de route et de terrassement.

Ces émigrations italiennes tendent à diminuer par l'effet du développement des travaux publics en Italie. Est-ce un bien ou un mal pour la Corse? Il est évident que ces 4 à 5000 Lucquois viennent tous les ans drainer une partie relativement considérable du numéraire disponible, mais ils donnent en échange le travail qui féconde toutes les branches de l'agriculture, de l'industrie et du commerce. Le Lucquois est un agent indispensable de la production nationale, les intérêts du pays seraient gravement compromis, si tout à coup il renonçait à la Corse. On doit l'y accueillir avec reconnaissance tant que les indigènes ne seront pas en mesure de le remplacer dans son rôle de travailleur. Cette transformation désirable sera l'œuvre patiente du temps et de l'éducation. Pour le moment, les Lucquois concourent très-efficacement à l'installation et à l'entretien des cédrateries. Ils enterrent les fumures et bêchent le sol avec une activité et une adresse merveilleuses. Tous ces travaux sont terminés pour le mois d'avril, date de leur retour en Italie. A partir de ce moment, des ouvriers du pays, et quelques rares Lucquois fixés en Corse, suffisent pour l'enlèvement des mauvaises herbes, les binages, les irrigations, le pincement et le palissage des arbres.

Le Corse est naturellement intelligent, il aime l'instruction et il possède à un haut degré l'amour de la famille et l'esprit militaire. Si à ces qualités naturelles il unissait les habitudes laborieuses des pionniers du cap Corse, ce département, si pauvre par la faute des hommes, ne tarderait pas à prendre rang parmi les départements les plus riches et les plus productifs de la France.

Je dois avouer, en terminant, que je n'ai pas la prétention d'avoir dit le dernier mot sur le cédratier, dont l'étude complète demanderait plusieurs années d'observations sur place, et l'examen sérieux de toutes les industries basées sur cette production naturelle.

En ébauchant cette première monographie, mon but a été d'exposer l'état actuel de cette culture, de dire ce qu'elle a été dans le passé, et les espérances qu'elle fait naître dans l'avenir. J'ai raconté les observations que j'ai été à même de recueillir pendant mes nombreuses excursions en Corse, et j'ai ajouté celles que je tiens des agriculteurs les plus éclairés et les plus compétents, parmi lesquels je citerai M. Ruelle, auteur de l'importante cédraterie de M. de Schotton à Porto, et M. Vignat, ancien élève de Grignon, chargé de la direction des cultures du Pénitencier agricole de Castellouccio, où le cédratier se cultive dans d'excellentes conditions de température et d'arrosage.

ÉTUDE D'ÉCONOMIE RURALE

LES VIGNERONS D'ARGENTEUIL

PAR

P.-C. DUBOST

Professeur d'économie et de législation rurales à Grignon.

C'est une tradition fort accréditée que le roi populaire par excellence, Henri IV, avait un goût prononcé pour le vin d'Argenteuil. Les grands de ce monde ont aujourd'hui un *ordinaire* plus délicat; mais la population ouvrière de Paris ne dédaigne point ce petit crû, qui s'il n'est pas des plus flatteurs pour le palais, n'en est pas moins très-salutaire pour la santé. On peut même dire du vin d'Argenteuil ce qu'on dit rarement des choses de ce monde : il vaut mieux que sa réputation. En dehors de son vin, Argenteuil peut faire valoir d'ailleurs plus d'un titre à la reconnaissance des Parisiens. Avant que les chemins de fer ne vinssent leur apporter les fruits du midi de la France, c'est la commune d'Argenteuil qui approvisionnait presque exclusivement le marché de Paris de ces figues fraîches qui sont si recherchées par les enfants à la fin de l'été ou au commencement de l'automne. Si la concurrence du Midi a fait un peu délaisser ce fruit délicat, il reste à Argenteuil bien d'autres cultures dont les produits sont précieux : les fraises, les légumes et surtout ces belles asperges

qui font au mois de mai l'ornement et les délices des tables somptueuses.

Les faits qui vont suivre ont été recueillis dans une excursion agricole des élèves de Grignon accomplie le 12 mai 1874. Deux habitants de la commune nous servaient de guides : l'un est M. Louis Lhérault, bien connu dans le monde de l'horticulture par l'enseignement qu'il fait, ainsi que par les nombreux succès qu'il a remportés dansles concours; l'autre est M. Collas, cultivateur très-habile, qui le suit de très-près en marchant sur ses traces. Le simple exposé des renseignements que nous avons obtenus fournira, je l'espère, quelques motifs d'intérêt et d'instruction.

I

Territoire. — Population. — Propriété et morcellement.

La commune d'Argenteuil a un territoire de 1737 hectares, et une population de 9 à 10000 habitants. Mais quand on a défalqué de la surface totale l'emplacement des chemins et des maisons d'habitation, il reste à peine 1500 hectares pour la culture. Quant à la population, le tiers seulement s'adonne à des travaux agricoles, les deux autres tiers se livrant au commerce de détail, ou à des occupations industrielles. Argenteuil possède en effet quelques usines et principalement des ateliers de tannerie d'une grande importance.

La population agricole se compose de 500 à 600 familles qui possèdent le sol et le cultivent. Il n'y a d'exception que pour une fraction minime du territoire, qui a été acquise à prix d'or par des forains, depuis quelques années. Chacune de ces familles cultive son bien : il est rare qu'un propriétaire cède à autrui l'exploitation de ses terres. Cela n'arrive guère que quand le chef de famille, déjà âgé et muni de ressources suffisantes pour écouler ses derniers jours dans le repos, prend sa retraite. Encore faut-il ajouter qu'il a presque toujours le soin de conserver la direction d'un petit lopin pour occuper ses loisirs. Le prix de location des terres, dans les rares circonstances où la terre se loue, ne descend guère au-dessous de 300 francs l'hectare, ou de 100 francs l'arpent (34 ares).

Une surface de 1500 hectares pour 600 familles, c'est une moyenne de 2 hectares et demi par famille. Si l'on ne juge que par l'étendue, c'est à coup sûr de la très-petite propriété et de la très-petite culture. Mais si l'on va au fond des choses, et qu'on tienne compte tout à la

fois et de la somme des capitaux mis en œuvre, et des produits obtenus, la question change de face : ce n'est plus alors de la très-petite propriété, ni de la très-petite culture, c'est presque de la moyenne. La valeur courante du sol n'est pas éloignée de 10 000 francs l'hectare. Si l'on joint à la valeur foncière de la part moyenne de territoire possédée par chaque famille, les capitaux nécessaires à la mise en œuvre des terres et la valeur de la maison d'habitation, on reconnaîtra que chacune de ces familles de petits cultivateurs ne possède pas moins de 35 à 40000 francs de biens au soleil. Que des titres de valeurs mobilières, fruit des épargnes de chaque jour, viennent s'ajouter encore à ce capital, et voilà ces familles agricoles, si nombreuses sur un territoire restreint, qui jouiront d'une grande aisance, grâce à leur industrieuse activité.

Si la surface occupée par chaque famille est peu étendue, elle est néanmoins divisée en parcelles infiniment petites. Argenteuil est la terre classique du morcellement de la terre. Son petit territoire ne contient pas moins de 45 000 parcelles, soit moins de 4 ares par pièce. On cite quelques parcelles qui ont à peine un are d'étendue. Il semble douteux qu'il y ait quelque part dans le monde un pays plus morcelé.

Ce morcellement excessif du sol n'a cependant point ici tous les inconvénients qu'on signale d'ordinaire. Les cultures d'Argenteuil sont de celles qui ne s'exécutent qu'à la main : le bétail n'y a aucune place, si ce n'est pour les transports. Quand on veut remuer le sol à une certaine profondeur, on emploie la bêche : pour les cultures superficielles, la binette suffit.

Tout ce territoire est d'ailleurs sillonné de chemins ou de sentiers d'une largeur strictement suffisante pour le passage d'une voiture ou d'un piéton, mais entretenus en bon état. On conçoit que dans un pays où le sol a une telle valeur, l'espace soit rigoureusement ménagé; mais si petites et enchevêtrées qu'elles soient, toutes les parcelles se desservent sans trop de peine.

II

La Vigne.

La principale culture d'Argenteuil, c'est la vigne, qui n'occupe pas moins des deux tiers de la superficie agricole, soit 1000 hectares sur 1 500.

Le territoire tout entier de la commune semble se prêter merveil-

leusement à cette culture. Il y a sans doute là, comme partout, des coins privilégiés, où la maturité se fait mieux, où la qualité du vin est meilleure, où la gelée elle-même est moins à redouter. Mais ces différences sont peu sensibles, et la nature ou l'exposition du sol ne forment nulle part un obstacle absolu au succès de la vigne. Quant à la gelée, elle fait généralement peu de ravages. La gelée du 26 avril 1873, qui fit tant de mal aux vignobles du Midi et du Centre, effleura à peine quelques bourgeons à Argenteuil. On rapporte même qu'une partie importante de ce vignoble n'a jamais reçu, de temps immémorial, la moindre atteinte des gelées. C'est sans doute à l'immunité dont elle semble jouir que la vigne doit sa prodigieuse extension dans le territoire si restreint de cette localité.

L'origine de la vigne à Argenteuil est complétement inconnue. Aucune tradition ne s'y rattache, et les documents qui remontent le plus haut établissent que cette culture avait déjà une grande importance. Tout ce qu'on sait, c'est qu'il y a eu, depuis le milieu du XVIII[e] siècle, plus d'un changement important dans les procédés à l'aide desquels on la cultive.

Le vin qui se produisait autrefois était d'une certaine finesse et provenait de plants qui ont aujourd'hui disparu du territoire d'Argenteuil : le meunier, le meslier, etc... Un soldat originaire d'Argenteuil rapporta, il y a plus d'un siècle, de Bourgogne où il avait tenu garnison, quelques plants de gamai noir qui furent le point de départ d'une transformation complète du vignoble. Devant la concurrence des vins de Bourgogne et surtout de Bordeaux, qui commençaient à prendre faveur auprès des riches consommateurs de Paris, le vin d'Argenteuil perdait de sa valeur; les vins communs, au contraire, voyaient leur prix s'élever sans cesse par suite des exigences d'une consommation chaque jour plus grande. Le gamai ne fournit que des vins communs; mais il est infiniment plus productif que les plants cultivés anciennement dans le pays. L'importation du gamai à Argenteuil fit donc fortune : le nouveau plant répondait à un besoin du moment. La transformation du vignoble ne fut pas longue à se faire; le gamai est depuis longtemps le seul plant cultivé à Argenteuil. D'autres changements dans les procédés de culture ont eu lieu vers la fin du siècle dernier, ou à des époques plus rapprochées de nous; je les signalerai quand le moment sera venu.

Ce qui frappe tout d'abord les yeux quand on parcourt le vignoble d'Argenteuil, c'est le nombre vraiment prodigieux de ceps dont le

sol est couvert : quatre *au moins* par mètre carré, c'est-à-dire quarante mille pieds de vigne par hectare. C'est dix à douze fois plus que dans le midi de la France, où le climat convient si bien à la vigne.

Voici comment se fait la plantation à Argenteuil.

On ouvre à 1m,50 de distance des auges ou fossés, mesurant 0m,40 de profondeur sur 0m,40 de largeur. La terre de déblai est rejetée avec soin sur les berges où elle reste quatre années pendant lesquelles on en tire parti par des cultures de plantes à feuillage peu développé : pommes de terre hâtives, petits pois, etc... Au fond de cette tranchée et à 1 mètre ou 1m,20 de distance on dépose un plant qui devra fournir des provins à tout l'espace environnant. C'est vers la quatrième année qui suit la plantation que ce provignage s'opère. On couche alors dans tous les sens 4 ou 5 branches qu'on espace aussi régulièrement que possible, puis on rejette dans la fosse la terre de déblai.

Ce n'est guère que vers la huitième année de la plantation que le fruit de la vigne se montre avec quelque abondance. Vers la dixième année, la plantation est en plein rapport, et elle peut donner, si l'année est favorable, jusqu'à 200 hectolitres de vin par hectare.

Cette période de plein rapport peut durer vingt à vingt-cinq ans. Passé ce délai, le produit diminue, et si l'on veut prolonger son existence, il faut alors la rajeunir soit par des provignages partiels, soit par un couchage général, destiné à remplacer les anciens ceps par de nouveaux. On cite des vignes ainsi traitées, qui ont duré jusqu'à cent cinquante ans. Mais de même que la plantation, ces provignages ne vont jamais sans une forte fumure.

L'engrais qu'on emploie dans le vignoble d'Argenteuil, c'est la boue des rues de Paris. Les plus riches cultivateurs n'ont qu'un cheval pour leurs transports, et tous n'en ont pas : il n'y a pas plus de 200 chevaux dans la commune. Le peu de fumier qu'on en obtient ne sert même pas à la fumure des vignes ; l'engrais, par excellence, c'est la *gadoue* (1).

Les boues de Paris n'ont pas, dans tous les quartiers ni dans toutes les saisons, la même valeur fertilisante. Les vignerons d'Ar-

(1) Le mot gadoue est employé dans quelques parties de la France, pour désigner l'engrais humain. Aux environs de Paris on donne exclusivement ce nom aux boues de ville.



genteuil, qui font, depuis près d'un siècle, un grand usage de cet engrais, ont fait là-dessus des observations curieuses. Ils classent non-seulement les quartiers, mais encore les rues, par la valeur spécifique des résidus qui en proviennent. Les boues des rues pavées sont mises bien au-dessus de celles qu'on a recueillies sur le macadam. Les boues d'été sont aussi plus riches que les boues d'hiver; les débris végétaux s'y rencontrent en plus grand nombre. Le quartier des Halles est celui qui fournit la meilleure gadoue.

C'est dans les années qui ont précédé la révolution française que l'usage de la gadoue est devenu général à Argenteuil. Le premier qui ait donné l'exemple de cette fumure est le plâtrier Noblet, dont la mémoire est restée chère à ses compatriotes. Le fumier de cheval, dont on faisait alors usage, était loin de produire les mêmes effets. Au dire des vignerons d'Argenteuil, il n'y a pas d'engrais plus actif et plus durable pour la vigne que la gadoue. L'emploi de cet engrais n'a pas peu contribué à hâter la transformation du vignoble d'Argenteuil par la substitution complète du gamai au meunier.

La gadoue est apportée à Argenteuil par les entrepreneurs du balayage de la ville de Paris. Les vignerons paient cet engrais 5 à 6 francs le mètre cube, rendu sur place, et ils l'achètent au moins six mois avant de l'employer. Chaque vigneron a son dépôt, situé à 500 ou 600 mètres de la ville, où cet engrais subit une fermentation lente qui le rend tout à la fois plus friable et plus homogène. On en fait le triage avant de s'en servir, en mettant de côté avec le plus grand soin les tessons de bouteilles et les grosses écailles d'huitres qui pourraient nuire soit à la végétation, soit au travail du vigneron. La gadoue, ainsi triée, est transportée sur le bord des vignes, au moyen de charrettes à un cheval. Une manne de la capacité d'un pied cube mesure la provision de chaque pied ou souche destiné à donner des provins. On estime qu'il en faut à peu près 20 mètres cubes par an et par hectare. C'est une dépense de 100 francs environ, si l'on ne tient compte que du déboursé et non de la main-d'œuvre nécessaire au triage et à la distribution de la fumure.

Les échalas sont aussi une source sérieuse de dépenses pour la culture de la vigne à Argenteuil. Chaque pied de vigne a son échalas qui coûte 10 centimes, et dure de vingt-cinq à trente ans. Ces échalas sont en bois de châtaignier et proviennent de la forêt de Marly. C'est une dépense de 150 fr. environ par hectare et par an.

La taille se fait exclusivement au sécateur. On laisse deux à trois coursons par cep et deux yeux par courson.

Les façons données au sol sont très-nombreuses, mais très-superficielles, la végétation de la vigne ayant bientôt couvert le sol et étouffé les mauvaises herbes. Les seules façons profondes que reçoive la vigne sont celles que nécessite la plantation ou le provignage. Quant aux opérations de relevage, de liage, de pincement, etc., elles se font aussi avec le plus grand soin. Le vigneron d'Argenteuil vit constamment dans ses vignes et il ne passe jamais à côté d'un brin de mauvaise herbe sans l'arracher, ni à côté d'une branche qui penche vers la terre sans la relever, pour lui donner de l'air et du soleil.

La vendange a lieu vers la fin de septembre ou le commencement d'octobre. Elle dure habituellement huit jours pendant lesquels les vignerons occupent de 4000 à 5000 ouvriers étrangers à la localité. Ce sont les communes voisines qui fournissent ce supplément de main-d'œuvre. Il vient aussi quelques vendangeurs de Paris; mais les vignerons ont rarement à se louer de leurs services. Tous ces vendangeurs sont payés 2 francs par jour et nourris.

Le ban de vendange était en vigueur dans le vignoble d'Argenteuil jusqu'à ces dernières années; il n'a même été supprimé qu'en 1872, mais non sans rencontrer les oppositions que soulèvent toujours les nouveautés, même les plus légitimes. Le maire avait convoqué les vignerons pour leur soumettre la question du maintien ou de la suppression de cette vieille coutume. Quatre cents d'entre eux répondirent à cet appel, et la suppression du ban de vendange fut décidée à une faible majorité.

Quand la vigne meurt d'épuisement ou de vieillesse, on l'arrache et l'on remet le sol en culture pendant douze ou treize ans, avant de faire une nouvelle plantation. La terre est assez riche pour qu'on prenne successivement une récolte de petits pois, une de pommes de terre et une de blé sans aucune fumure. Ce n'est que vers la quatrième année et sur le chaume de blé que les mauvaises herbes commencent à paraître. On donne alors une fumure très-abondante, et l'on prépare le sol par des labours. On sème ensuite de la luzerne qui dure sept ou huit ans. C'est sur défrichement de cette luzerne qu'on plante la nouvelle vigne, et le succès en est toujours assuré.

Le seul défaut de cette culture paraît être l'irrégularité de la plantation. Les provins ne sont pas toujours également espacés : il

est des ceps qui ont plus de sol, d'air et de soleil que d'autres. Quelques cultivateurs, au nombre desquels il faut placer M. Louis Lhérault en première ligne, cherchent à remédier à cet inconvénient par une disposition plus rationnelle. Ce qu'il y aurait de plus simple, sinon de moins coûteux, serait évidemment de placer les plants-mères à distance égale dans tous les sens de façon à donner à tous les provins la même direction et la même longueur. On arriverait ainsi très-aisément à placer tous les ceps à 60 centimètres de distance l'un de l'autre.

Quand on voit une plante du Midi soumise à un pareil traitement sous le climat du Nord, quand on la voit verser ainsi ses sucs généreux jusqu'à complet épuisement sous l'intelligente sollicitation des mains qui la pressent, on ne peut s'empêcher d'invoquer cet exemple contre la théorie de ceux qui ne voient dans le phylloxera qu'un effet de l'épuisement des vignes et de la fatigue du sol. Si le phylloxera était un effet et non une cause, on se demande vainement pourquoi il n'aurait pas pris naissance à Argenteuil plutôt que dans le voisinage de Tarascon. Quel est le vignoble du Médoc ou de l'Hérault si favorisé qu'il soit par le soleil, « père du vin », qui produise parfois, sur de notables étendues, jusqu'à 200 hectolitres de vin par hectare? Dans quelles vignes des rives de la Gironde ou du Rhône l'espace est-il moins ménagé que dans le vignoble des bords de la Seine? Dans quel pays du monde la taille est-elle plus courte et les provignages plus multipliés?

Au total, la commune d'Argenteuil produit annuellement 36 000 pièces de vin (228 litres) valant 50 francs la pièce. Dans les années d'abondance, le produit dépasse aisément 50 000 pièces; il s'abaisse rarement au-dessous de 30 000 pièces dans les années de mauvaise récolte. Cela fait au bas mot un produit d'un million et demi à deux millions de francs. Pour que ce dernier chiffre soit dépassé, il suffit que le prix du vin soit un peu élevé. Lors de notre visite à Argenteuil, le vin valait 100 francs la pièce et la récolte avait été abondante. Cinq jours après notre visite c'est-à-dire le 17 mai, la gelée fit le plus grand mal au vignoble, et la dernière récolte estimée à 24 000 pièces, est une des plus faibles dont on se souvienne. Le produit en argent de cette récolte n'est cependant pas à dédaigner, car ce vin vaut aujourd'hui 80 francs chez le vigneron.

III

Asperges, Figuier et autres cultures.

Après la vigne vient l'asperge. C'est une culture qui est moins étendue que la vigne, mais qui n'est pas moins brillante par les produits et surtout par les profits qu'elle donne.

On ne sait rien non plus de bien précis sur les commencements de cette culture à Argenteuil. Il est seulement prouvé, par des titres qui remontent au XVIII[e] siècle, qu'elle y avait déjà une certaine importance et que ses produits jouissaient déjà de quelque faveur sur le marché de Paris. Toutefois il s'est produit, depuis le commencement du siècle, une véritable révolution dans la culture de l'asperge. On la faisait autrefois en plein champ, comme cela se pratique encore sur divers points de notre territoire. Vers 1818 le vigneron Lescot eut l'idée d'associer la culture de l'asperge à celle de la vigne, probablement pour combler les vides laissés par des ceps morts de vieillesse ou d'accident. Les résultats qu'il obtint frappèrent tous les yeux, et l'on ne tarda pas à constater que si la vigne souffre du voisinage de l'asperge, celle-ci gagne considérablement au contact de la vigne, et que finalement il y a plus de profit à associer ces deux cultures qu'à les isoler. Cette révolution est depuis longtemps accomplie. Bien que la culture de l'asperge ait pris une grande extension à Argenteuil, on l'associe toujours, si ce n'est dans des cas tout à fait exceptionels, à la culture de la vigne.

C'est au moyen de griffes obtenues par semis dans des pépinières que se fait la plantation. Mais, contrairement à la pratique généralement suivie, cette plantation ne se fait qu'à une faible profondeur, 30 à 40 centimètres au plus. On fait une fosse de cette profondeur, dont on garnit le fond de gadoue. Lorsqu'on y a déposé la griffe, on la recouvre de 15 à 20 centimètres de terre émiettée avec le plus grand soin. Au fur et à mesure que la plante se développe, on rejette dans la fosse la terre de déblai, en ayant la précaution de la maintenir constamment meuble. Vers la quatrième année on peut commencer la récolte des tiges, sans toutefois épuiser la plante. Vers la cinquième année, la culture est en plein rapport, et cette période dure ordinairement dix à douze ans. Non-seulement les fosses sont alors comblées, mais on les surmonte encore d'une butte de terre

bien meuble, qui est destinée tout à la fois à favoriser le développement des tiges, à les protéger contre l'action de la lumière, et à permettre de les visiter en écartant la terre avec les mains, afin de se rendre compte de leur grosseur et du moment opportun pour la cueillette. On obtient ainsi des asperges de toute beauté, d'un volume parfois extraordinaire, et d'une valeur qui varie entre 25 centimes et 5 francs la pièce. Une botte de ces belles asperges se vend couramment 6 à 8 francs au commencement de la saison, c'est-à-dire à la fin d'avril; quand la botte se compose de pièces exceptionnelles, la valeur s'en élève même jusqu'à 25 et 30 francs.

On estime qu'une griffe d'asperge cultivée dans la vigne rend moyennement 1 franc par an pendant sa période de plein rapport. On cite même des griffes qui ont donné jusqu'à 20 francs de produit annuel. En pleine terre le produit annuel de chaque griffe serait à peine de moitié.

On pourra se faire une idée de la richesse de cette culture, ainsi associée à la vigne, quand j'aurai dit qu'on peut planter jusqu'à 5000 griffes d'asperge par hectare de vigne, et tirer de ce seul produit 4000 à 5000 francs environ.

Toutes les vignes d'Argenteuil ne sont pas cependant plantées d'asperges. Cela tient à diverses causes qu'il importe de faire connaître.

La plus importante, sans contredit, est la difficulté de la cueillette. Quand le moment de la récolte est venu, le vigneron et sa famille se multiplient. Dès quatre heures du matin, toute la population valide est dans les vignes, une hotte sur le dos. Il faut passer en revue toutes les griffes, afin de faire la cueillette à point. Cette cueillette se fait elle-même avec les plus grandes précautions, afin de ne pas endommager les tiges voisines. On découvre les monticules à la main, afin de bien isoler les tiges que l'on veut cueillir. Quand la récolte est faite, on s'empresse de refaire la butte, afin de recouvrir complétement les asperges qui seront récoltées plus tard. C'est ainsi que les vignerons les plus soigneux se rendent compte chaque jour de la marche de la végétation dans chaque griffe, ou du progrès des tiges sous chaque monticule. Ils savent exactement combien de tiges pourront être récoltées dans un délai déterminé, leur grosseur et le jour probable de la cueillette. En parcourant les vignes de M. Louis Lhérault, nous étions émerveillés de voir cet habile praticien se diriger avec une parfaite sûreté de coup d'œil vers

les buttes de terre qui cachaient les asperges les plus volumineuses et les plus rapprochées de l'époque de la cueillette. Le cultivateur qui aurait voulu attirer l'attention d'un visiteur sur quelques têtes d'une nombreuse étable n'aurait pas agi avec plus de précision.

La récolte faite ainsi dans la matinée et chaque pied visité avec le plus grand soin, le reste de la journée est consacré à la préparation et au liage des bottes. Dans la soirée les chevaux de la commune emportent le produit de la cueillette aux Halles de Paris. Un seul cheval emporte ainsi le produit de la récolte journalière de plusieurs vignerons. Le vigneron arrive lui-même aux Halles vers minuit, fait décharger et placer sa marchandise, la vend de quatre à sept heures du matin et rentre chez lui vers huit ou neuf heures. La vente se fait par lots de trois bottes au minimum.

Si l'on réfléchit que la période de la récolte s'étend habituellement du 10 avril au 10 juin, et qu'elle coïncide ainsi avec les façons de printemps qu'il faut donner à la vigne, on conçoit que la production de l'asperge soit strictement limitée par les ressources en main-d'œuvre dont chaque famille dispose. La main-d'œuvre étrangère ne serait pas ici à sa place : le produit est trop délicat et de valeur trop haute, pour qu'on pût impunément confier au premier venu les manipulations qu'exige une telle culture. Les vignerons d'Argenteuil n'hésitent pas à faire appel à la main-d'œuvre étrangère pour la cueillette du raisin, mais ils regardent la cueillette des asperges comme une opération réservée aux membres de la famille.

Si l'asperge gagne au voisinage de la vigne et y acquiert des dimensions qu'elle est loin d'offrir en pleine terre, la vigne ne se comporte pas aussi bien au contact de l'asperge. Le produit en vin des vignes plantées d'asperges subit une notable diminution. Avec 3000 griffes d'asperge par hectare, la vigne ne donne plus guère que moitié d'une récolte; le produit s'abaisse des trois quarts quand il y a 5000 griffes d'asperge par hectare. Même avec une pareille diminution, le produit des deux cultures associées est encore très-considérable. Mille à quinze cents francs de vin, deux à trois et même quatre mille francs d'asperges: c'est un produit qui n'est point à dédaigner pour un hectare de culture sous le climat du Nord.

L'asperge ne se succède pas d'ailleurs indéfiniment à elle-même. Quand on la cultive en plein champ, il faut dix ans d'intervalle entre l'arrachage et la plantation nouvelle. Dans les vignes on peut

faire deux plantations consécutives, en ayant soin de changer l'emplacement des griffes. On a ainsi une culture d'asperges qui dure trente ans, dont vingt ans environ sont de plein rapport. Après cette période, il faut une nouvelle plantation de vigne, avec la succession des cultures qu'elle comporte, pour assurer le succès d'une nouvelle rotation d'asperges.

La vigne et l'asperge ne constituent pas toute la culture d'Argenteuil, mais seulement la partie la plus importante par la surface qu'on y consacre et par le produit qu'on en tire. A côté des 1000 hectares de vignes emplantés ou non d'asperges, il reste 500 hectares qui sont consacrés à d'autres cultures de légumes ou de fruits, et même à quelques cultures de céréales et de fourrages.

Parmi ces cultures secondaires, le figuier avait autrefois une grande importance. On le cultivait sur 50 hectares environ, et le produit de l'hectare en plein rapport était parfois énorme. C'est ainsi qu'on cite des figueries qui ont donné jusqu'à 10 000 francs, et même 13 000 à l'hectare. Mais le produit moyen annuel était beaucoup au-dessous de ce chiffre, et ne dépassait pas 2000 à 3000 francs. C'est un produit inférieur, comme on le voit, au produit des cultures associées de la vigne et de l'asperge.

La désastreuse guerre avec la Prusse a porté un coup fatal à cette culture. Le figuier ne supporte le climat de Paris qu'à la condition d'être enterré l'hiver. Les vignerons d'Argenteuil, qui étaient presque tous entrés à Paris pendant le siége, ne purent procéder à cette opération, et les froids rigoureux de décembre 1870 et de janvier 1871 gelèrent les figuiers. Il ne reste plus aujourd'hui que quelques spécimens, éparpillés çà et là, de ces anciennes plantations. Les chemins de fer, qui font aujourd'hui affluer vers Paris les figues fraîches de la Provence, ont d'ailleurs singulièrement limité l'avenir de cette culture. Tout porte à croire qu'elle ne se relèvera pas du coup qu'elle a reçu.

Les pommes de terre hâtives, les petits pois, la culture récente des fraisiers, celle plus ancienne des groseilliers se disputent le sol des meilleures terres. Toutes ces cultures, grâce au voisinage de Paris, et aux soins dont elles sont l'objet, donnent des produits de grande valeur.

IV

Richesse spécifique de la culture

Quand on cherche à évaluer la production agricole totale de la commune d'Argenteuil, on arrive à se convaincre qu'elle atteint, si même elle ne dépasse, le chiffre de trois millions de francs, dont plus de la moitié en vins, le quart en asperges, et le reste en divers produits maraîchers ou même simplement agricoles. Trois millions de produits pour 1500 hectares de cultures, c'est 2000 francs de produit moyen par hectare. Tel est le chiffre qui exprime avec précision la densité de la richesse agricole à Argenteuil. Si l'on répartissait ce produit sur le territoire entier de la commune, et non sur la surface consacrée à la production, on aurait encore une richesse spécifique de plus de 1700 francs par hectare de la superficie totale.

Pour donner à ce chiffre toute sa signification, il importe de le comparer d'abord à celui qui exprime la production moyenne du sol sur l'ensemble de notre territoire.

Avec la meilleure volonté du monde, il n'est pas facile de déterminer rigoureusement la production agricole totale de la France. Cependant, après avoir retourné la statistique sous toutes ses faces, je ne crois pas m'écarter sensiblement de la vérité en en fixant le chiffre à 8 milliards et demi. Pour arriver à la détermination de ce nombre, il m'a fallu supprimer les doubles emplois et combler les lacunes de la statistique de 1862. J'ai dû tenir compte aussi de la diminution de notre territoire par suite des conséquences de la guerre. Mon appréciation ne saurait donc avoir un caractère de vérité absolue; mais je la crois exacte à un dixième près.

8 milliards et demi pour un peu plus de 52 milliards d'hectares qui composent le territoire actuel de la France, c'est une moyenne de 164 francs environ par hectare de superficie. Le produit de la culture d'Argenteuil est dix fois plus élevé. Si le territoire tout entier de la France était aussi productif que le territoire d'Argenteuil, la production totale de l'agriculture ne serait pas loin d'atteindre 100 milliards, et la population totale pourrait être portée dans les mêmes conditions de bien-être qu'actuellement, à près de 400 millions d'habitants.

Quand on compare la densité de la richesse agricole à Argenteuil

avec celle des meilleures exploitations du département du Nord, on trouve qu'elle est encore près de trois fois plus considérable. On n'estime pas en effet la valeur totale du produit moyen de l'hectare dans les exploitations de ce genre à plus de 700 ou de 750 francs. Il faut sortir de notre territoire et aller jusqu'à Jersey, dans les îles de la Manche, pour trouver une culture qu'on puisse comparer, sous le rapport de la richesse spécifique, à celle d'Argenteuil.

Toutefois, si la culture des meilleures exploitations de Jersey est juste au même niveau de richesse que celle d'Argenteuil, rien n'est plus différent que les combinaisons à l'aide desquelles on réalise ce degré de richesse. A Jersey la moitié du produit provient directement du bétail, et une grande partie de l'autre moitié a pour origine l'exportation des pommes de terre hâtives sur le grand marché de Londres. A Argenteuil les produits du bétail sont complétement nuls. Cette différence d'organisation et de procédés entraîne des différences notables dans la rente et dans la valeur du sol.

A Argenteuil, le prix courant du loyer de la terre n'est que de 300 à 350 francs l'hectare, c'est-à-dire du 6e au 7e du produit brut. A Jersey, au contraire, un hectare de sol pouvant rendre 2000 francs de produit annuel s'afferme de 500 à 600 francs, soit un peu moins du quart du produit. C'est que la main-d'œuvre ou le travail de l'homme joue à Argenteuil un rôle infiniment plus considérable qu'à Jersey : la terre s'y afferme moins cher, parce qu'on n'obtient le même produit que par un travail plus énergique, plus constant, ou par une activité plus grande. Quant à la valeur du sol, qui se règle sur le loyer, elle est dans les deux cas de 33 à 35 fois la rente. Les systèmes de culture qui font à la production animale une large part, présentent tous ce caractère : pour un produit total donné, la rente y est plus forte, parce que les frais de main-d'œuvre sont moins élevés.

Réparti entre les 600 familles de vignerons qui cultivent le sol, le produit total de la culture donne une moyenne de 5000 francs par famille. Mais ce chiffre doit être ramené à 4000 francs environ pour tenir compte de l'achat d'engrais et d'échalas, ainsi que des frais de main-d'œuvre payés aux étrangers à l'époque de la vendange. C'est là tout à la fois la production réelle et le revenu moyen de chaque famille. Si l'on suppose que chaque famille de vigneron est composée de cinq personnes de tout âge, cela fait un revenu moyen de 800 francs par tête de population agricole.

C'est une situation qui est fort au-dessus de la moyenne. La production totale de l'agriculture en France, quand on la rapporte à la population qui la crée, c'est-à-dire aux 18 millions et demi de têtes qui composent notre population agricole, ne donne qu'une moyenne de 450 francs environ par tête. Encore faut-il ajouter que ce chiffre doit subir de notables réductions pour exprimer le revenu réel de la moyenne des membres de notre famille agricole. Une part assez importante de ce produit se distribue dans les villes sous la forme de loyer et d'assurances, et l'entretien d'un matériel considérable atténue encore dans une certaine mesure le chiffre du produit moyen. Les vignerons d'Argenteuil, sont, au contraire, les propriétaires presque exclusifs du sol qu'ils cultivent, et tout le produit de cette activité féconde reste dans leurs mains pour leurs consommations et pour leurs épargnes. Il n'y a pas de très-grandes fortunes parmi eux, mais toutes les familles vivent dans une grande aisance. La plupart possèdent d'ailleurs, comme je le dirai plus loin, des valeurs mobilières dont les intérêts ou dividendes contribuent à accroître ce bien-être.

Pour arriver ainsi à une production, qui, calculée sur le nombre des têtes, est le double environ de la moyenne, la population agricole d'Argenteuil doit déployer une merveilleuse activité. Si elle a l'avantage d'être aux portes d'une ville immense qui sollicite incessamment la production par les prix et l'activité par la rémunération, elle a contre elle l'exiguité de son territoire et surtout la nature des productions auxquelles elles s'adonne, ainsi que l'enchevêtrement d'une propriété morcelée à l'infini. Le vigneron d'Argenteuil n'a pas, en effet, comme la plupart des cultivateurs, la ressource de faire travailler le bétail ou les machines et de décupler ses forces par le capital. Ce n'est que par une activité plus grande, par un labeur plus opiniâtre qu'il surmonte cette cause d'infériorité.

Les vignerons d'Argenteuil sont en effet de rudes travailleurs. Ils ne boudent pas à la peine quand la besogne est pressée. Toujours sur pied dès l'aurore, ils travaillent sans relâche jusqu'à la nuit. La journée, pour eux, ne se mesure point au nombre des heures : pendant qu'il y a de l'ouvrage à accomplir, ils travaillent.

Cette population si laborieuse est aussi douée, à un degré remarquable, de l'esprit d'association. Ce n'est pas là du reste un fait qui soit particulier à Argenteuil : on l'observe dans tous les milieux où la richesse et la population sont très-condensées. M. de Lave-

leye, dans son *Économie rurale de la Belgique*, fait ressortir ce caractère moral de la population qui habite les Flandres. On sait aussi que l'esprit d'association est très-développé dans certaines campagnes de la Suisse et dans les riches vallées de la France. On dirait que l'enchevêtrement des intérêts fait naître le besoin de s'unir, et que l'habitude de s'associer est moins une question de race qu'une affaire de milieu.

Quoiqu'il en soit, voici un curieux exemple de l'esprit d'association qui caractérise la population d'Argenteuil. Tout le territoire est divisé en quartiers distincts, dont les intérêts communs sont administrés par les intéressés réunis en société spéciale. La garde de la propriété et la surveillance des délits, la réparation, l'entretien et l'ouverture des chemins et dessertes à l'usage de chaque parcelle, constituent les attributions principales de ces sociétés, à la tête desquelles se trouve placée une hiérarchie calquée sur l'organisation militaire. Quand le *capitaine* d'un quartier convoque ses hommes pour l'exécution d'un travail, tous s'y rendent avec autant de ponctualité que s'il s'agissait de courir à un incendie. Ces sociétés de quartiers assistent aussi la commission des répartiteurs pour distribuer l'impôt sur chaque parcelle en raison du produit qu'elle donne.

Je ne connais qu'un exemple d'organisation analogue, et c'est précisément à l'île de Jersey qu'il s'applique. Là chaque *paroisse* ou commune est aussi divisée en quartiers qu'on appelle *vingtaines*.

Le vingtenier est l'administrateur du quartier, en ce qui touche ses intérêts collectifs spéciaux, et il le représente devant le conseil de la paroisse. Dans un pays où chacun a la faculté d'émettre, sous sa responsabilité, des billets de banque analogues à nos billets de la Banque de France, les vingtaines contractent souvent des emprunts sous la forme d'émission, quand il s'agit, par exemple, des travaux de quelque importance intéressant un quartier. Ce sont là, comme on voit, de véritables fractions de la commune, ayant une existence de fait propre, pour les intérêts de leur ressort, mais dépendant de la commune pour les intérêts d'un ordre plus général. L'association revêt d'ailleurs les formes les plus diverses à Jersey, comme dans tous les pays qui sont à la fois très-riches et très-peuplés.

V

Le débouché et les capitaux

Ces merveilles de culture, de production et d'activité ne s'expliquent que par un mot : le débouché. Argenteuil a la bonne fortune d'avoir son territoire placé aux portes d'une ville immense qui paie à très-haut prix toutes ses consommations, notamment celles de luxe, et qui par l'action incessante d'une demande toujours plus active et de prix toujours plus élevés, a fait la fortune agricole des pays qui l'entourent. Il ne fallait pas moins que cette action répétée durant des siècles pour aider à triompher des obstacles de la nature jusqu'au point de faire prospérer les cultures du midi sous le climat brumeux du nord. Tout en sollicitant ainsi la production, Paris fournissait à sa banlieue une masse énorme de détritus, dont l'industrie des vignerons d'Argenteuil a su tirer un admirable parti. Les boues de la grande ville sont l'engrais essentiellement approprié à la vigne et aux autres cultures qui font la richesse des communes qui l'entourent. Il s'est établi ainsi entre Paris et sa banlieue un double courant de matières premières et de produits. Echange fécond dans lequel les deux parties intéressées bénéficient également, les Parisiens trouvant à se débarrasser utilement de détritus dont ils n'ont que faire, les cultivateurs du voisinage en tirant parti pour multiplier des produits qu'ils vendent à prix d'or.

Ceux qui jugent les choses d'une façon superficielle n'attribuent pas au débouché toute sa puissance réelle, et ils sont volontiers portés à en méconnaître les effets. Ils ne voient habituellement dans la production agricole qu'une question de capital, et ils s'imaginent que le capital tient lieu de tout, répond à tout, supplée à tout. Quand la culture est pauvre, ils mettent en avant la disette de capitaux; quand la terre se couvre de riches moissons, quand elle ouvre son sein fécond au laboureur qui la sollicite, c'est uniquement parce qu'il est riche et qu'il a de nombreux capitaux à affecter à son industrie.

Il y a une apparence de vérité dans ce raisonnement, en ce sens que pour faire une riche culture il faut beaucoup de capitaux et que la disette de capitaux entraîne nécessairement la pauvreté de la culture. Mais le capital est dominé lui-même par le débouché.

C'est le débouché qui aide à créer le capital et qui en limite l'emploi. Plus le débouché est étendu et les prix élevés, plus les emplois du capital se multiplient, plus la culture, par conséquent, peut être riche. Mais il ne faudrait pas se hâter d'en conclure que les emplois du capital sont illimités, et que le capital, sans le débouché, suffit pour créer la richesse.

Ce qui se passe dans le commerce se passe aussi dans l'agriculture. Pour une maison qui n'a qu'une clientèle restreinte, tout excès de capital, au lieu d'être un avantage, est une charge des plus onéreuses. C'est l'extension de la clientèle qui amène la condensation utile du capital, par la multiplication des affaires et le renouvellement plus fréquent des marchandises en magasin. Il arrive même que le capital, au fur et à mesure qu'il se condense dans une maison de commerce par le développement de la clientèle, voit baisser le chiffre de sa rémunération. Les grandes maisons du *Louvre* et du *Bon marché* emploient mille fois plus de capitaux que les petites maisons voisines; mais elles se contentent d'un bénéfice incontestablement moindre. Ce n'est qu'à cette condition qu'elles ont pu développer leur clientèle. La concentration du capital n'a pu se faire qu'au prix d'une plus faible rémunération.

Il y a là une loi générale qu'il ne faut pas méconnaître, si l'on ne veut s'exposer à faire fausse route. Plus la richesse d'un milieu est grande, plus le capital y a des emplois, plus la rémunération de ces capitaux est faible. La conclusion pratique à en tirer, c'est que l'emploi utile du capital est strictement limité par le débouché.

Je ne veux pas invoquer à l'appui de cette démonstration les faits si nombreux et si concluants qui ne rentrent pas dans le sujet que je traite. Je me bornerai aux observations qu'on peut vérifier à Argenteuil.

La densité du capital agricole y est incontestablement plus grande qu'ailleurs, soit qu'on la rapporte à la superficie, soit qu'on la rapporte à la population agricole. Par hectare de superficie, la valeur de tout le capital consacré à la production agricole dépasse incontestablement douze mille francs: c'est au moins six ou sept fois plus de capitaux que dans la moyenne de la France. Quant au capital qui correspond à chaque tête de population agricole, il est au moins de 7 ou 8000 francs à Argenteuil, pendant qu'il est à peine de 4000 pour la moyenne de notre population agricole. Or ce capital ainsi concentré et mis en œuvre par l'activité la plus indus-

trieuse et la culture la plus perfectionnée, ne donne que 10 p. 100 environ de revenu total. Que ferait avec un pareil taux de profit ou de bénéfice, un de ces métayers ou petits fermiers comme il y en a tant dans certains pays, qui n'apportent que quelques milliers de francs dans leur entreprise, qui sont incontestablement moins laborieux et moins robustes que le vigneron d'Argenteuil et qui cependant trouvent le moyen de faire vivre leur famille et parfois même de réaliser des épargnes?

Cet abaissement de la rémunération du capital par la concentration des capitaux nous donne l'explication d'un fait qu'on a signalé sur divers points de la France dans l'enquête agricole de 1866, et qui s'est accusé à Argenteuil avec d'autant plus de vigueur que la concentration des capitaux y est plus grande. Je veux parler de la baisse de valeur du sol par la concurrence des placements mobiliers.

Il est hors de doute que la production du sol à Argenteuil n'a jamais été plus grande que de nos jours, et que le loyer de la terre, dans le petit nombre de cas où elle se loue, n'a jamais été plus élevé. Cependant il n'est pas moins incontestable que la valeur du sol a baissé dans une assez forte mesure. L'hectare de vigne qui vaut aujourd'hui 10000 francs environ en valait, il y a 20 ans, jusqu'à 12000 et même plus. Quelle est la cause de cette diminution de valeur? Faut-il y voir un symptôme de décadence pour l'agriculture ou un signe de prospérité?

L'abaissement de valeur du sol peut tenir à deux causes : la diminution du revenu, et le délaissement des placements en terre pour d'autres placements.

La première de ces causes est incontestablement fâcheuse et révèle un état de souffrance. Quand la rente foncière diminue, il y a crise dans la situation agricole. Cette crise se manifeste toutes les fois que la production est atteinte par le fait d'un fléau intense et durable, ou bien encore, quand la production restant stationnaire, les frais vont en augmentant, comme les salaires, par exemple, par suite d'une pénurie de bras disponibles. Mais si c'est là une cause fâcheuse de la diminution de valeur du sol, on ne peut l'invoquer pour le cas d'Argenteuil, puisque les vignerons reconnaissent eux-mêmes que ni le produit, ni le loyer du sol n'ont diminué. C'est donc dans la concurrence des valeurs mobilières, et dans l'abandon

partiel des placements de capitaux en terres, qu'il faut chercher l'explication des faits.

La vérité est que le débouché et par conséquent l'emploi utile manquaient aux capitaux, quand la terre constituait pour ainsi dire l'unique placement des épargnes. La concurrence pour les acquisitions foncières était alors effrénée; le terrain se disputait à prix d'or et le prix du sol s'élevait hors de toute proportion avec le revenu. Trois cents francs de rente pour 12 à 13000 francs de capital, c'était à peine un intérêt foncier de 2 1/2 pour cent. Quand le débouché s'est ouvert aux capitaux disponibles par les placements en valeurs mobilières de toute nature, le sol a été moins recherché, sa valeur a baissé dans une assez forte mesure, et cet abaissement de valeur a déterminé une hausse du taux de l'intérêt. L'hectare de vigne qui ne vaut plus que 10 000 francs et qui donne toujours 300 francs de rente quand on l'afferme, sert ainsi un intérêt de 3 pour cent. La baisse de valeur du sol, qui implique une hausse de taux de l'intérêt, n'est donc que la conséquence nécessaire de l'extension des débouchés pour le placement des capitaux, et par conséquent le signe certain d'emplois plus nombreux et plus utiles offerts au capital. Les vignerons d'Argenteuil, qui sont parfois tentés de se plaindre de la baisse de prix du sol, ne jugent pas dans la pratique qu'un placement en terre à 3 pour cent, qu'ils peuvent porter à 10 pour cent en y appliquant leur industrie, soit suffisamment avantageux, puisqu'il est notoire, qu'au lieu d'acheter des terres, la plupart des familles ont fait le placement de leurs épargnes en valeurs mobilières. C'est même à ce délaissement partiel de la terre par les capitaux des familles agricoles d'Argenteuil, qu'il faut attribuer l'acquisition récente d'un certain nombre de parcelles du vignoble par les cultivateurs des communes environnantes.

Dans l'enquête agricole, il y a eu des plaintes très-vives sur la concurrence faite aux capitaux fonciers par les valeurs mobilières, et sur l'abaissement de valeur du sol qui en a été la conséquence. On a accusé l'industrie et le commerce de ruiner l'agriculture par le drainage de ses capitaux. Ce qui prouve bien que ces plaintes n'étaient pas justifiées, c'est que la situation des campagnes, malgré es causes de souffrance qu'elles ont dû subir, n'a pas cessé de s'améliorer. Il y a là un fait trop considérable pour que je m'abstienne d'en chercher l'explication.

En premier lieu, on n'a pas assez distingué les capitaux de place-

ment des capitaux d'industrie, et l'on n'a pas vu avec assez de netteté qu'il importe fort peu que la terre ait une valeur plus ou moins grande, par rapport au revenu qu'elle donne. Ce qui est véritablement important, c'est qu'elle donne un revenu très-élevé, par suite d'un produit très-considérable. Or, les modifications qui se produisent dans le taux de l'intérêt ou dans le rapport entre la rente et la valeur, sont absolument sans aucune influence sur le produit et sur le revenu du sol.

Il est facile de voir qu'aux époques de grande activité et par conséquent de prospérité générale, ces modifications dans le taux de l'intérêt doivent infailliblement se produire. Les capitaux ont alors des emplois nombreux et lucratifs : comme ils sont d'une grande mobilité et toujours en quête de placements fructueux, ils se portent naturellement vers les industries les plus fécondes qui leur assurent une rémunération plus élevée. Les placements en terre ou autres immeubles ont alors moins de faveur, c'est-à-dire qu'on ne consent plus à payer aussi cher un revenu foncier. La diminution de valeur qui en résulte a simplement pour effet de hausser le taux de l'intérêt, et d'équilibrer ainsi les capitaux immobiliers avec les valeurs mobilières devenues plus productives par le fait même du changement d'activité et de débouché.

Ce n'est pas là, au reste, un phénomène qui soit particulier aux immeubles et aux placements qui en sont l'objet. Tous les capitaux, qu'elle qu'en soit la nature ou l'origine, qui sont engagés dans une industrie, ne peuvent donner un revenu élevé qu'à la condition que le chiffre qui exprime la valeur de ces capitaux ne croisse pas dans la même proportion que le revenu. Qui dit revenu élevé dit faible capital, comparativement au revenu qu'il donne; qui dit faible revenu, dit gros capital, eu égard au revenu qui en provient.

En second lieu, si les capitaux ont délaissé les placements en terre, rien ne prouve précisément qu'ils aient été détournés des opérations de la culture, et que la diminution de la production ait été la conséquence de ces déplacements. Il est même certain qu'il y a aujourd'hui plus de capitaux consacrés à la culture du sol, et que l'outillage de nos exploitations en bétail, en matériel et en machines de toutes sortes est incontestablement plus complet et meilleur qu'il y a quarante ans. Nos capitaux agricoles proprement dits, loin de perdre de l'importance, n'ont fait qu'en gagner. Cela est plus qu'évident, et c'est un point sur lequel je n'insisterai pas.

Je dois toutefois reconnaître que si les cultivateurs ont employé une partie de leurs épargnes à améliorer leur outillage et leurs moyens d'industrie, tous les capitaux créés par l'agriculture n'ont pas reçu cette destination, et qu'une portion plus ou moins considérable s'est portée vers d'autres placements. C'est un fait notoire et qui semble échapper même au doute, que les cultivateurs, réalisant plus de bénéfices et achetant moins de terres qu'autrefois, ont acquis des valeurs mobilières et placé leurs épargnes soit dans les emprunts d'Etats, soit dans les obligations de chemins de fer, soit même dans certaines entreprises industrielles. C'est surtout dans les pays à population très-dense et à territoire très-morcelé où le cultivateur manque d'espace pour étendre son industrie, et par conséquent manque d'emploi utile pour ses capitaux, que ces placements ont acquis une réelle importance. Mais loin de voir dans ce fait un signe de décadence pour l'agriculture et une cause d'arrêt pour la production, nous y voyons la solution d'une difficulté qui a longtemps préoccupé les économistes, et l'un des meilleurs moyens de favoriser la prospérité de l'agriculture elle-même.

On a longtemps reproché au petit cultivateur son engouement pour la terre. Cette passion pour le sol semble même avoir été, jusqu'à l'époque moderne, le caractère distinctif du paysan français. On sait les funestes conséquences qu'elle entraînait. Sous l'influence d'une demande croissante, la terre avait acquis une valeur hors de toute proportion avec son revenu. Les épargnes du cultivateur n'amélioraient donc qu'insuffisamment sa position. La terre se morcelait d'ailleurs de plus en plus pour se mettre à la portée des petites bourses; les grands domaines se dépeçaient eux-mêmes en petits lots; et ce morcellement du sol ne pouvait avoir pour conséquence que d'exagérer les frais de culture et de multiplier les chances de procès. Le paysan s'endettait, en achetant plus qu'il ne pouvait payer, et quand il avait ainsi dépassé ses forces, on pouvait dire qu'il était sur le chemin de la ruine. L'expropriation forcée, avec ses lentes et coûteuses formalités de procédure, faisait tomber finalement dans les mains des hommes d'affaires la meilleure part de ces petites fortunes amassées sou à sou par le concours de générations nombreuses. Morcellement exagéré du sol, enchevêtrement des parcelles, augmentation des frais de culture, instabilité de la propriété, misère et ruine : voilà les effets du manque de débouché pour les épargnes du cultivateur. On lui aurait vainement conseillé de suivre

une autre marche et de consacrer ses épargnes à améliorer ses terres, au lieu d'étendre ses propriétés. L'emploi utile du capital faisait partout défaut. Le paysan est trop ardent au gain pour négliger des opérations qui lui donnent sûrement du profit. S'il ne faisait pas mieux, c'est qu'évidemment il ne pouvait pas mieux faire. Ce serait une grande illusion de croire que le capital a une valeur propre, indépendante du parti qu'on en tire ou de l'usage qu'on en fait. La valeur de toutes choses se règle par les services qu'elles rendent : c'est là une des vérités économiques les mieux démontrées depuis Bastiat.

Quand même ces épargnes auraient servi à féconder l'industrie, il n'en faudrait pas tirer la conclusion que, nées de l'agriculture, elles se sont tournées contre elle. Loin de nuire aux intérêts de l'agriculture, le développement de l'industrie est, au contraire, la condition essentielle de sa prospérité. Les besoins des consommateurs : voilà le débouché de l'agriculture. Plus il y a de bouches à nourrir, plus il y a d'industries à alimenter, plus le prix des denrées agricoles s'élève, plus la situation de l'agriculture devient meilleure. En se portant vers l'industrie, les capitaux agricoles ne s'engagent pas dans une voie funeste : ils servent les intérêts de l'agriculture et par les débouchés qu'ils ouvrent à ses produits, et par les nouveaux emplois qu'ils préparent à ses épargnes.

DÉTERMINATION DE LA VALEUR NUTRITIVE DE L'AJONC

PAR

M. A. ROUSSILLE

professeur à l'école de Grand-Jouan.

L'ajonc marin ou jaunet est, parmi les plantes dont la végétation est spontanée en Bretagne, celle qui mérite le plus de fixer l'attention des agriculteurs ; ceux-ci n'ont, du reste, eu garde d'y manquer. Tous les agriculteurs bretons tiennent l'ajonc en grande estime, ne lui trouvant guère d'autre défaut que la difficulté de sa manipulation.

Il ne faudrait pas conclure, de ce que l'ajonc croît spontanément, que l'on peut se dispenser de soigner sa culture ; cette plante est délicate pendant sa jeunesse, elle redoute alors aussi bien les gelées tardives, que les rayons trop ardents du soleil ; mais dès sa seconde

année une plantation d'ajoncs peut fournir d'abondantes récoltes, d'autant plus précieuses qu'elles donnent en novembre, décembre, janvier et février un fourrage vert, très-riche en principes utiles, comme je vais le montrer plus loin; et, à pareille époque, toutes les autres légumineuses ne peuvent être consommées qu'à l'état sec.

La préparation de l'ajonc s'opère encore d'une façon presque primitive dans mainte métairie de Bretagne. Le pilage dans les auges est une opération trop longue et trop fatiguante; l'emploi du hache-ajoncs qui se substitue de plus en plus au pilage ne saurait trop être recommandé.

Au commencement de février, j'ai recueilli les rameaux d'un an dont je donne l'analyse plus loin. Ces rameaux, préalablement coupés au hache-ajoncs rotatif ont été desséchés dans une étuve à courant d'air dont la température fut maintenue plusieurs jours à 100 degrés. J'ai obtenu ainsi la proportion d'humidité qui est dè 53 pour 100. Sur la matière ainsi desséchée et réduite ensuite en une sorte de farine, à l'aide d'un petit moulin portatif, j'ai fait toutes les opérations qui m'ont amené à assigner à l'ajonc la constitution suivante :

Humidité	53,000
Matières minérales	1,347
Matières grasses	1,119
Matière cellulosique	11,937
Extractif non azoté	26,397
Matière azotée	6,310

Une analyse incomplète des cendres y a révélé la présence de

Substances solubles dans l'eau (sulfates, chlorures, carbonates, et traces de phosphates et de silicates alcalins	49,307
Substances solubles dans l'acide nitrique (carbonates et phosphates alcalino-terreux, oxyde de fer, traces de sulfates, etc	47,510
Silice insoluble dans l'acide nitrique	3,183

Si l'on tient compte du rendement des ajoncs, qui peut s'élever à 30 000 kilos à l'hectare, on est forcé de reconnaître que l'ajonc est une plante des plus précieuses. Voici une anecdote à ce sujet :

Un concurrent pour la prime d'honneur dans le département du Morbihan emmena la commission de visite pour lui montrer, disait-il, une luzernière dont le rendement était plus élevé que 14 000 kilos de foin sec à l'hectare; la commission eut un moment de désappointement en se trouvant en présence d'un champ d'ajoncs. Ce

concurrent avait pourtant raison, car si sa récolte annuelle était de 30 000 kilos à l'hectare, il n'y obtenait pas moins de

1893 kilos de matières azotées,
335 kilos de matières grasses,
7919 kilos de matières extractives non azotées.

Alors qu'en se rapportant aux tables de Kuhn on trouve que 14 000 kilos de foin sec ne fournissent que

1190 kilos de matières azotées,
420 kilos de matières grasses,
5362 kilos de matières extractives non azotées.

Si l'importance de l'ajonc comme fourrage est incontestable, elle ne l'est pas moins comme engrais : dans toutes les métairies on le répand sur toute la surface des cours pour qu'il y soit écrasé; cette méthode, qui peut, au premier abord, paraître irrationnelle, est pourtant très-justifiable par l'économie de pilage qu'elle procure. Une expérience comparative du promoteur des progrès agricoles en Bretagne, M. Rieffel, directeur de Grand-Jouan, a établi, il y a longtemps, que l'ajonc pilé, additionné de phosphate, produisait le même effet qu'un même poids de bon fumier de ferme également additionné de phosphate.

STATION AGRONOMIQUE DE GRIGNON

LABORATOIRE DE CHIMIE

M. P. P. DEHÉRAIN
Docteur ès sciences, professeur.

M. MAQUENNE
Licencié ès sciences, répétiteur.

TARIF DES ANALYSES

Engrais

Pour chaque nombre exprimé, humidité, matières minérales, azote, phosphate, etc., 5 fr.; les nombres trouvés par différence ne sont pas cotés; c'est ainsi que l'analyse ordinaire d'un engrais comprenant :

Humidité,
Matières minérales,
Matières organiques,
Azote organique,
Acide phosphorique,

ne coûte que 20 fr., puisque les matières organiques sont dosées par différence.

Quand les engrais renferment une certaine proportion de nitrates, la détermination de l'azote ne peut plus être faite par le procédé ordinaire à la chaux sodée, elle doit avoir lieu en recueillant l'azote à l'état de gaz, la manipulation est alors beaucoup plus délicate et le prix du dosage s'élève à 20 fr. Messieurs les cultivateurs sont donc priés de vouloir bien indiquer si l'engrais dont ils demandent l'analyse, leur a été vendu comme renfermant une certaine quantité de nitrates.

Le dosage de l'acide phosphorique a toujours lieu par la méthode de M. Joulie; le prix de l'analyse est de 5 fr. par chiffre, qu'il s'agisse d'acide phosphorique soluble, rétrogradé ou insoluble.

Le dosage de la potasse est exécuté au moyen du chlorure de platine; le prix du dosage est encore de 5 fr.

Analyse des végétaux

Le prix de l'analyse des betteraves, des pommes de terre, des tourteaux est encore de 5 fr. par chiffre exprimé; ainsi le dosage du sucre par le saccharimètre vérifié par la liqueur de Felhing est de 5 fr., le dosage des cendres 5 fr., la détermination de la densité du jus 5 fr.; il en est de même pour le dosage de la fécule, de l'huile, etc.

Analyse des terres, des eaux

Le tarif est toujours de 5 fr. par chiffre exprimé, ce qui peut faire monter à 60 fr. une analyse complète comprenant :

Humidité,
Sable grossier { calcaire, siliceux,
Sable fin { calcaire, siliceux.
Argile,
Azote des matières organiques,
Ammoniaque toute formée,
Nitrates exprimés en nitrates de potasse,
Carbone des matières organiques,
Acide phosphorique,
Potasse.

Nous ajoutons qu'une analyse aussi détaillée est rarement utile à connaître pour le cultivateur.

Champ d'expérience

La station possède un champ d'expérience sur lequel elle pourra essayer les engrais, on traitera directement pour ce travail avec M. le directeur de l'école; dans tous les cas les demandes ne seront accueillies que jusqu'au 15 octobre de chaque année, toute la surface du champ ayant sa destination pour la campagne suivante dès cette époque de l'année.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2

Le gérant : G. MASSON.



RECHERCHES SUR LES BETTERAVES A SUCRE

PAR

M. E. FREMY

Membre de l'Institut, Professeur au Muséum d'histoire naturelle

ET

M. P.-P. DEHÉRAIN

Professeur à l'école de Grignon, Aide-naturaliste au Muséum d'histoire naturelle.

L'extension que prend en France la culture de la betterave à sucre appelle naturellement l'attention des chimistes et des agronomes sur les variations que présente la composition de cette racine.

Cette composition est-elle influencée par la nature de la graine d'où proviennent les racines, ou par le mode de culture, ou par la nature du sol dans lequel les betteraves se développent? Si ces différentes causes agissent simultanément, quelle est la part qu'il faut faire à chacune d'elles? Telles sont les questions que nous avons voulu aborder dans ce travail.

Nous nous empressons de reconnaître que, dans cette recherche, nous arrivons après beaucoup d'autres observateurs, mais le sujet est assez vaste et assez difficile pour laisser place encore pendant longtemps à tous ceux qui veulent l'étudier.

Dans la suite de ses intéressantes publications sur les betteraves, M. Peligot a montré toute l'importance qu'il faut attacher au choix judicieux de la graine, M. Violette a fait connaître récemment les soins qu'on apporte dans notre région septentrionale à la culture de la betterave pour graine, et les avantages qu'on en retire. Néanmoins les plaintes incessantes des fabricants sur la pauvreté en sucre des betteraves que leur fournissent les cultivateurs semblent démontrer que le mode de culture qui est suivi exerce peut être sur la richesse saccharine des racines une influence considérable, et que s'il n'est pas possible d'obtenir de bonnes betteraves en cultivant de mauvaises graines, il peut se faire aussi que de bonnes graines mal cultivées donnent des betteraves peu sucrées.

Laissant donc de côté la question de la sélection des graines qui

est étudiée en ce moment avec tant de soins et de succès par plusieurs observateurs habiles, nous nous sommes proposé particulièrement, dans le travail que nous résumons ici, d'examiner l'influence qu'exercent sur le développement de la betterave le sol qui la porte et les engrais qui la nourrissent. Ici encore nous rencontrons les recherches récentes de MM. Corenwinder, Pagnoul et Truchot, dont nous nous empressons de reconnaître l'intérêt; nous verrons plus loin que nos résultats sont complétement d'accord avec ceux qu'ils ont obtenus.

Nous n'avons pas la prétention d'avoir, dans une première année d'études, parcouru à beaucoup près le programme que nous avions arrêté, cependant nos premiers résultats, tout incomplets qu'ils soient encore, nous ont paru de nature à fixer pendant quelques instants l'attention des lecteurs des *Annales*.

Pour éviter toutes les incertitudes que présente la culture en pleine terre et pour faire la part, dans nos recherches, de l'influence du sol et de celle des engrais que nous voulions employer, nous avons composé nos sols d'une matière synthétique en faisant usage d'éléments dont la composition nous était connue, procédé de recherches que les travaux de M. Boussingault ont rendu classique. Nous avons installé dans le jardin d'expérience du Muséum un grand nombre de tonneaux destinés à contenir nos sols artificiels, que nous avons formés de sable pur, de calcaire et d'argile exempte de potasse; ces différents corps ont été analysés avec soin : ce sont eux qui servent à la manufacture des glaces de Saint-Gobain soit à la fabrication du verre, soit à la confection des creusets.

Ces matières ont été employées seules ou à l'état de mélange; en outre, nous avons toujours eu le soin de placer au fond de nos tonneaux une couche assez épaisse de graviers siliceux permettant l'écoulement des eaux : les graviers étaient même disséminés souvent dans nos sols artificiels pour leur donner plus de perméabilité.

D'autres tonneaux ont été remplis d'une terre arable d'excellente qualité, que nous avons fait venir du département de l'Aisne; enfin des expériences comparatives s'exécutaient en pleine terre soit dans les carrés du Muséum, soit dans les terres de Grignon. Dans les cultures limitées faites en tonneau, nous avons toujours eu le soin de soumettre les sols à un arrosage abondant et régulier, et pour éviter que l'eau ne séjournât au fond des tonneaux nous avons percé ceux-ci latéralement d'un grand nombre de trous.

Les engrais que nous avons essayés, tantôt seuls, tantôt à l'état de mélange, sont le sulfate d'ammoniaque, l'azotate de potasse, l'azotate de soude, le chlorure de potassium, le chlorure de sodium, le superphosphate de chaux, le guano, la corne râpée et le fumier. Dans quelques expériences les engrais ont été ajoutés immédiatement au sol; mais dans d'autres on les a introduits peu à peu en suivant les progrès de la végétation. On voit par l'exposé précédent que les observations que nous présentons cette année sont presque indépendantes des questions qui se rapportent à la sélection des graines.

Les graines que nous avons employées pour nos cultures du Muséum nous ont été données par un agriculteur distingué du département de l'Aisne, qui est en même temps fabricant de sucre de betteraves. Ces mêmes graines cultivées en Picardie ont produit des betteraves contenant de 11 à 13 p. 100 de sucre.

Dans les tonneaux qui contenaient des sols artificiels et des engrais chimiques solubles, la levée fut très-irrégulière; des expériences exécutées dans des vases plus petits nous firent voir qu'en effet des dissolutions de sulfate d'ammoniaque ou de sel de potasse contenant deux grammes de sel par litre empêchaient souvent la levée de graines de betteraves semées dans des sols artificiels dépourvus d'humus. Il n'en fut pas de même dans une bonne terre arable.

Les betteraves ont été semées le 9 juin, puis ont été examinées le 22 juin. — On a constaté les résultats réunis au tableau de la page 164.

On reconnaîtra que si la levée a été très-régulière dans le sol riche en humus, elle a été très-inégale au contraire dans le sol artificiel; il ressort clairement des expériences précédentes, que si les engrais solubles n'ont aucune influence fâcheuse sur les graines confiées à la terre normale, il n'en est plus ainsi quand ces graines sont semées dans un sol qui ne renferme aucune matière capable d'absorber ces engrais solubles. Il semble au reste que les sels ammoniacaux sont plus dangereux que les chlorures et les azotates; c'est ainsi que la levée a manqué absolument dans les quatre expériences 51, 52, 61, 62, dans lesquelles le sol a reçu du sulfate d'ammoniaque, tandis que dans 59 une graine a levé, et dans 69 l'effet du salpêtre n'a pas été nuisible. On avait remarqué les mêmes effets dans les tonneaux d'expérience, et il y a là une indication importante pour les cultiva-

teurs qui voudraient semer des betteraves dans des terrains pauvres en humus et soutenir leur végétation avec des engrais solubles ; ils feront bien de donner ces engrais en couverture quand les betteraves sont déjà levées et assez vigoureuses pour supporter les dissolutions salines qui exercent sur les jeunes racines une action des plus funestes (1).

INFLUENCE DE DIVERS ENGRAIS SUR LA LEVÉE DES GRAINES DE BETTERAVES.

Nº des expériences.	Nature du sol	Nature et poids de l'engrais.	État de la végétation.
51	Argile, calcaire, sable.	2 gr. sulfate d'ammoniaque.	Pas de germination. Aucune graine n'est levée.
52	— — —	— — —	Une seule graine levée. Plante très-chétive.
53	Bonne terre arable.	— — —	Levées après quatre jours, plantes vigoureuses.
54	— —	— — —	— — —
55	Argile, sable, calcaire,	2 gr. chlorure de potassium.	Levée irrégulière, plantes très-chétives.
56	— — —	— — —	Levée irrégulière, plantes très-chétives.
57	Bonne terre arable.	2 gr. chlorure de potassium.	Graines bien levées, plantes vigoureuses.
58	— —	— — —	Graines bien levées, plantes vigoureuses.
59	Argile, sable, calcaire.	2 gr. azotate de potasse.	Une seule graine levée.
60	Bonne terre arable.	2 gr. azotate de potasse.	Graines bien levées.
61	Argile, sable, calcaire.	4 gr. sulfate d'ammoniaque.	Rien, pas de germination.
	— — —	— — —	Rien, pas de germination.
62	Bonne terre arable.	4 gr. sulfate d'ammoniaque.	Bonne germination.
64	— —	— — —	Très-bonne germination.
65	Argile, calcaire, sable.	4 gr. chlorure de potassium.	Quelques graines levées, végétation très-languissante.
66	— — —	— —	— — —
67	Bonne terre arable.	— —	Très-bonne germination.
68	— —	— —	— — —
69	Argile, sable, calcaire.	4 gr. azotate de potasse.	Bonne germination.
70	Bonne terre arable.	— —	Bonne germination.

Partout où des manques se produisirent, des betteraves provenant de pépinières en pleine terre furent repiquées dans les sols

(1) Une nouvelle démonstration des faits précédents nous est fournie par nos cultures de 1875 ; tous les semis ont été faits dans des sols dépourvus d'engrais solubles ; les graines ont levé avec une parfaite régularité.

artificiels, puis éclaircies peu à peu, de telle sorte qu'il n'est resté que trois betteraves dans chaque tonneau.

Presque toutes les betteraves furent arrosées avec de l'eau de la ville, quelques-unes cependant reçurent de l'eau distillée pendant toute la durée de la végétation, lorsque nous voulions nous mettre à l'abri de l'influence des sels qui existent dans l'eau ordinaire; dans quelques essais, enfin, nous avons cultivé des betteraves dans de l'eau contenant des engrais chimiques entièrement solubles.

Le premier fait intéressant qui ressort de nos expériences, c'est qu'il est possible d'obtenir des betteraves pesant de 700 à 800 grammes dans des sols artificiels qui ne contenaient pas d'humus. Ces sols étaient formés tantôt de sable pur, tantôt par un mélange de sable, de calcaire et d'argile, et n'ont reçu que des engrais chimiques. Il résulte de cette observation que l'humus n'est pas indispensable au développement de la betterave et que, dans les conditions de nos expériences, le sol paraît agir comme un simple support.

Ces faits s'accordent avec ceux qui ont été constatés à différentes reprises par M. G. Ville. Nous ajouterons même qu'en employant à poids égaux, dans nos sols artificiels et dans une bonne terre de Picardie, les engrais chimiques convenablement choisis, il nous est arrivé souvent d'obtenir de plus grosses betteraves dans les sols artificiels que dans une terre riche en humus. (*Tableau de la page* 166).

Il est bien entendu que nous ne parlons ici que des expériences faites dans nos tonneaux et sur des betteraves soumises à un arrosage abondant et régulier; nous sommes bien loin de vouloir étendre ces résultats au delà de nos essais, de chercher à diminuer le rôle capital que jouent dans la terre arable les matières ulmiques, les composés azotocarbonés si bien étudiés par M. Thénard et dont les propriétés hygrométriques sont si précieuses pour maintenir les sols non irrigués dans un état d'humidité convenable (1).

L'influence des engrais chimiques sur le développement et le poids des betteraves ressort nettement des observations suivantes:

(1) Voyez au sujet de l'influence des composés ulmiques, *Influence des résidus laissé par les fumures antérieures*, etc., par MM. Lawes et Gilbert (page 25 de ce volume). On reconnaît à l'inspection du tableau VI que la parcelle qui a reçu du fumier de ferme conserve l'eau et que ses drains restent secs, tandis que ceux qui assainissent les parcelles amendées avec les engrais chimiques coulent abondamment.



COMPARAISON ENTRE LA CULTURE DANS LES SOLS ARTIFICIELS ET DANS LA BONNE TERRE SOUS L'INFLUENCE DES MÊMES ENGRAIS.

SOL ARTIFICIEL.			BONNE TERRE ARABLE.			
NUMÉROS DES EXPÉRIENCES.	POIDS ET NATURE des ENGRAIS EMPLOYÉS.	SOMME du poids des betteraves obtenues dans un tonneau.	NUMÉROS DES TONNEAUX.	POIDS ET NATURE des ENGRAIS EMPLOYÉS.	SOMME du poids des betteraves récoltées dans un tonneau.	EXCÈS DU POIDS obtenu dans la bonne terre + / EXCÈS DU POIDS obtenu dans le sol artificiel. —
		gr.			gr.	gr.
21	100 gr. azotate de soude, 100 gr. superphosphate, 100 gr. chlorure de potassium.....	1777	39	100 gr. azotate de soude, 100 gr. superphosphate, 100 gr. chlorure de potassium.....	1921	+ 144
32	100 gr. azotate de potasse, 100 gr. superphosphate, 100 gr. chlorure de potassium.....	1712	38	100 gr. azotate de potasse, 100 gr. superphosphate, 100 gr. chlorure de potassium.....	1313	— 399
31	500 gr. de guano du Pérou...............	1125	50	500 gr. guano du Pérou.................	1391	— 234
33	300 gr. engrais de Saint-Gobain..........	1602	37	300 gr. engrais de Saint-Gobain...........	1031	— 571
1	110 gr azotate de potasse, 110 gr. superphosphate................................	1595	47	100 gr. azotate de potasse, 100 gr. superphosphate..........................	1420	— 175
22	200 gr. raclures de cornes, 100 gr. superphosphate, 100 gr. sulfate de potasse.....	1558	41	200 gr. raclures de cornes, 100 gr. superphosphate, 100 gr. chlorure de potassium...	1918	+ 360
19	100 gr. sulfate d'ammoniaque, 100 gr. superphosphate, 100 gr. chlorure de potassium.	1522	40	100 gr. sulfate d'ammoniaque, 100 gr. superphosphate, 100 gr. chlorure de potassium..	1414	— 108
13	100 gr. sulfate d'ammoniaque, 100 gr. superphosphate de chaux................	1052	42	100 gr. sulfate d'ammoniaque, 100 gr. superphosphate de chaux....................	1514	+ 462
18	100 gr. sulfate d'ammoniaque (arrosé à l'eau distillée)............................	1032	49	100 gr. sulfate d'ammoniaque.............	1483	+ 408
30	1 kil. fumier de ferme....................	428	45	1 kil. fumier de ferme....................	871	+ 343
15	100 gr. superphosphate de chaux, 100 gr. chlorure de potassium.................	225	44	100 gr. superphosphate de chaux, 100 gr. chlorure de potassium.................	824	+ 599
10	Aucun engrais arrosé à l'eau ordinaire......	111	36	Aucun engrais arrosé à l'eau ordinaire......	4 1	+ 330

Un de nos tonneaux contenant un sol stérile n'avait reçu aucun engrais, et était arrosé à l'eau distillée : les betteraves s'y sont développées d'une manière bien incomplète : au moment de la récolte elles ne pesaient que 25 grammes; celles qui sont venues dans les mêmes conditions, mais qui ont été arrosées avec de l'eau ordinaire pesaient 37 grammes; le même sol contenant du superphosphate de chaux et du sel marin, a produit des betteraves dont le poids s'est élevé à 49 grammes; la substitution du chlorure de potassium au sel marin a porté le poids des betteraves à 75 grammes; ici l'influence de la potasse sur le développement de la betterave paraît sensible : nous avons confirmé ce fait intéressant en cultivant des betteraves dans un sol stérile ne contenant comme engrais que du superphosphate de chaux et arrosé avec de l'eau distillée : le poids des betteraves dans ce cas n'a pas dépassé 53 grammes.

Les faits démontrent d'une manière évidente que l'azote est indispensable au développement de la betterave et qu'en l'absence d'un engrais azoté dans le sol, les betteraves restent à l'état rudimentaire; mais toutes nos expériences établissent que les résultats sont bien différents, lorsqu'aux engrais minéraux contenant de l'acide phosphorique, de la potasse et de la chaux, on ajoute des substances azotées.

En cultivant des betteraves dans un sol artificiel contenant du sulfate d'ammoniaque ou de l'azotate de soude, nous avons obtenu des betteraves dont le poids s'est élevé à 346 grammes, l'addition du superphosphate de chaux et du chlorure de potassium a porté le poids des racines à 700 et 800 grammes.

Notre but n'était pas seulement d'étudier l'influence qu'exercent les engrais sur le poids des betteraves, mais aussi d'apprécier les causes qui peuvent faire varier, dans les racines, la proportion du sucre. Cette question est d'une grande importance, non-seulement au point de vue des intérêts agricoles du pays, mais aussi sous le rapport de la physiologie végétale : il s'agit en effet de rechercher s'il est possible, en modifiant la nature de l'alimentation d'une plante, de faire varier la proportion d'un principe immédiat qu'elle sécrète.

Nous avons donc déterminé avec le plus grand soin, dans de nombreuses analyses, les proportions du sucre contenues dans nos betteraves nourries dans un sol artificiel de composition connue, et dont la fécondité n'était déterminée que par des engrais chimiques.

Nous pensions que le problème ainsi posé pouvait être facile-

ment résolu ; mais nous avons rencontré dans cette partie de notre travail une difficulté très-sérieuse : en analysant les betteraves venues dans le même tonneau, et sous les mêmes influences, nous avons reconnu qu'elles présentent souvent dans leur richesse saccharine des différences très-notables ; il nous est arrivé par exemple, dans un tonneau contenant du sable pur et arrosé avec une dissolution au millième d'azotate de potasse et de superphosphate de chaux, d'obtenir trois betteraves contenant 5,0 ; 8,9 ; 9,4 p. 100 de sucre. Dans un autre tonneau, qui avait reçu au commencement de la campagne un mélange d'azotate de soude, de superphosphate de chaux et de chlorure de potassium, les trois betteraves récoltées contenaient 12,6 ; 15 9 et 18,2 p. 100 de sucre.

Des faits de même nature se constatent, du reste, dans la grande culture : en analysant les betteraves que nous avions obtenues dans les carrés du Muséum, nous avons trouvé des betteraves renfermant de 3 p. 100 à 9 p. 100 de sucre, celles de l'école de Grignon nous ont donné des nombres variant de 9,4 p. 100 à 18,8 p. 100 de sucre.

Ces différences dans la richesse saccharine des betteraves sont-elles dues aux variations de la graine, ou bien à l'action inégale de l'engrais ? Nous devons avouer que sur ce point notre opinion n'est pas encore faite, et que dans nos expériences de cette année nous ne trouvons pas d'indication précise sur la nature de l'engrais qui dans la betterave peut augmenter la production du sucre.

Mais si sur ce point nous devons être d'une grande circonspection, il est un fait capital que nous devons faire ressortir ici et qui résulte de nos recherches ; c'est que dans des sols sans humus, c'est-à-dire sans matière organique azotée et par la seule action des engrais chimiques, nous sommes arrivés non-seulement à produire des betteraves d'un poids normal, mais aussi d'une richesse saccharine allant jusqu'à 18 p. 100.

L'importance de ce résultat au point de vue de la culture n'échappera à personne ; nous chercherons cette année à régulariser ce qui s'est produit l'année dernière dans nos expériences d'une manière accidentelle. Nous arrivons maintenant au point le plus saillant de notre travail : il se rapporte à l'étude des circonstances qui peuvent amoindrir dans une betterave la production du sucre.

Nous avons dit que nos betteraves ont été cultivées non-seulement dans des sols artificiels, mais aussi dans les carrés du Mu-

séum. En analysant les betteraves venues dans ce terrain, qui nous paraissait très-fertile, et qui recevait depuis longtemps des quantités considérables de fumier, nous avons constaté que nos racines étaient très-pauvres en sucre.

Des betteraves qui nous ont été envoyées du département du Nord et qui s'étaient développées dans un terrain comparable à celui du Muséum, nous ont donné le même résultat.

L'idée nous vint alors de rechercher s'il n'existerait pas une relation entre la quantité d'azote contenue dans le sol, ou dans la betterave, et la proportion de sucre que présente cette racine; et si une betterave qui se développe dans un sol fortement fumé et ayant à sa disposition une quantité exagérée d'engrais azoté, n'aurait pas une tendance à former des substances albuminoïdes plutôt que du sucre.

Ainsi dans le tonneau qui a donné trois betteraves différentes contenant 5, 8, 9; et 9, 5 p. 100 de sucre, nous avons constaté que la racine qui ne renfermait que 5 p. 100 de sucre était beaucoup plus azotée que les autres; elle contenait environ deux fois plus d'azote que celle qui avait donné 9, 5 p. 100 de sucre.

Cette observation a été confirmée par l'analyse d'un grand nombre de betteraves obtenues au Muséum ou recueillies soit à l'école de Grignon, soit dans le département de l'Aisne, soit dans celui du Nord.

Sans vouloir donner encore à ce principe une précision absolue, nous pouvons dire cependant qu'il résulte de nos observations que les betteraves qui contiennent moins de 10 p. 100 de sucre donnent souvent à l'analyse deux fois plus d'azote que celles qui arrivent à une richesse saccharine de 15 à 16 p. 100.

Les betteraves obtenues à Grignon dans la ferme extérieure étaient en moyenne extrêmement riches, elles renfermaient jusqu'à 18, 8 p. 100 de sucre, au maximum : sur 25 betteraves analysées 13 ont donné plus de 15 p. 100 de sucre, mais l'une d'elles est tombée jusqu'à 9,4 p. 100 de sucre. Sur les 13 premières, 8 renfermaient moins de 1 p. 100 d'azote dans la matière sèche, et aucune d'elles n'a atteint 1,2 d'azote p. 100 de matière sèche; la betterave qui ne renfermait que 9,4 p. 100 de sucre renfermait au contraire 1,72 d'azote dans 100 de matière sèche. Tandis que les petites betteraves fourchues du département de l'Aisne (ferme de Forest près Morsain) contenaient en moyenne 15 p. 100 de sucre, quelques-unes de celles que nous avons reçues du Nord renfermaient 89 d'eau, 6 de sucre et

de 3 à 5 p. 100 d'azote. L'une d'elles même était extraordinairement riche en salpêtre, après dessiccation elle fusait au feu avec décrépitation. Nous avons eu la curiosité d'y doser l'azote total par l'oxyde de cuivre, nous avons trouvé 5 p. 100 d'azote sur 100 de matière sèche, le dosage par la chaux sodée ne nous avait donné que 3 p. 100 d'azote.

Nous avons constaté en outre que les betteraves les moins sucrées étaient celles qui se développaient dans un sol très-azoté; la terre du Muséum qui a fourni des betteraves très-pauvres en sucre renfermait à peu près huit fois plus d'azote que celle de Grignon qui a donné des betteraves d'une richesse exceptionnelle. Si ces premières observations se trouvent confirmées par celles que nous allons suivre cette année, on arrivera à une conclusion très-inattendue : contrairement à l'opinion généralement admise, si les betteraves qui se développent dans certains terrains sont peu sucrées, ce n'est pas parce qu'ils ont été appauvris par des cultures répétées, c'est au contraire parce que, sous l'influence d'abondantes fumures, ils sont devenus trop riches en azote.

Les essais exécutés dans le Nord, dans le Pas-de-Calais, dans le Puy-de-Dôme, par MM. Corenwinder, Pagnoul et Thurot, leur ont donné des résultats dans le même sens. Nous voyons notamment dans les tableaux de M. Pagnoul que des betteraves qui ont reçu une copieuse fumure de fumier de ferme, associée à du sulfate d'ammoniaque, n'ont accusé à l'analyse que 5, p. 100 de sucre, tandis que celles qui n'avaient pas été fumées en donnent 12 p. 100. Les betteraves les plus sucrées qu'ait recueillies M. Thurot sont celles qui sont venues sans engrais. Enfin, on a pu voir, par l'intéressant mémoire que M. Corenwinder a inséré dans les premières pages de ce recueil, que l'emploi exagéré du nitrate de soude a exercé cette année sur la sucrerie une influence déplorable.

La pratique agricole semble du reste confirmer le principe que nous venons d'établir, car aujourd'hui les fabricants de sucre ne se contentent pas de fournir de bonnes graines aux cultivateurs, ils leur interdisent aussi l'emploi de certains engrais riches en azote. Ainsi les substances azotées employées dans une certaine mesure sont certainement indispensables au développement de la betterave, mais un excès semble nuire à la production du sucre (1).

(1) On saisit ici l'origine des difficultés qui s'élèvent entre les fabricants et les cultivateurs, et il est certain que tant que l'achat des betteraves aura lieu au poids, le culti-

En résumé, les faits que nous avons observés pendant cette première campagne nous permettent de poser les conclusions suivantes :

1° Les betteraves peuvent arriver à un développement normal dans un sol absolument privé d'humus, à la condition d'être arrosées régulièrement et de recevoir des engrais renfermant de l'azote, de l'acide phosphorique, de la chaux et de la potasse.

2° Si nous ne considérons que le développement de la betterave, la forme sous laquelle l'azote est employé paraît indifférente, l'azotate de soude, l'azotate de potasse, le sulfate d'ammoniaque, la matière organique azotée, exercent tous une action manifeste.

3° Les betteraves cultivées dans un sol artificiel agissant comme un support et alimentées par des engrais chimiques convenablement choisis peuvent contenir jusqu'à 18 p. 100 de sucre.

4° La nature du sol ne paraît pas exercer d'influence sensible sur le développement des betteraves : nous avons obtenu les mêmes résultats dans des sols formés de silice pur, de calcaire ou d'un mélange de silice, de calcaire et d'argile.

5° Les faits que nous avons observés cette année paraissent établir que les betteraves riches en sucre sont pauvres en matières albuminoïdes, tandis que les betteraves qui contiennent une forte proportion de substance azotée renferment peu de sucre.

Si donc il est important dans la culture de la betterave de choisir avant tout une graine de bonne nature, il faut savoir aussi qu'on peut obtenir de mauvaises betteraves lorsque les bonnes graines sont semées dans un sol qui contient une proportion exagérée d'engrais azotés.

vateur sera conduit à fumer fortement pour pousser ses rendements à 40 000, 50 000, 60 000 kilos; il obtiendra ainsi des betteraves aqueuses, azotées, peu sucrées, au détriment du fabricant, mais à son grand avantage à lui cultivateur, puisqu'il obtiendra d'un hectare 1000 ou 1200 francs au lieu de 700 francs que lui donneraient 35 000 kilos obtenus sous l'influence d'une fumure modérée; il est clair que le seul remède à cette situation fâcheuse qui menace l'avenir de la sucrerie française, serait la substitution de l'achat à la richesse à l'achat au poids; la difficulté est de trouver un moyen d'analyse exacte et rapide; mais il est possible de construire des tables où la richesse de la betterave se déduit de la densité du jus facile à constater au moyen d'un aréomètre, le problème avancera donc vers la solution, les cultivateurs accepteront sans difficultés un moyen de contrôle qu'ils sont à même d'employer eux-mêmes. Le lecteur consultera sur ce point, avec grand avantage, le mémoire de M. Durin, inséré dans ce fascicule, il y verra que la densité du jus donne une indication suffisante sur la quantité de sucre contenue dans la betterave pour qu'il soit possible de baser sur la détermination de cette densité un mode d'achat régulier.

En terminant nous sommes heureux de dire ici que dans le cours de nos expériences, M. Decaisne a bien voulu nous aider constamment de ses bons conseils, qui ont pris le caractère d'une véritable collaboration.

ROLE PHYSIOLOGIQUE DU POTASSIUM DANS LES VÉGÉTAUX

PAR

MM. Fr. NOBBE, J. SCHŒDER et R. ERDMANN (1)

Le travail que nous insérons aujourd'hui aux *Annales* n'est pas inconnu des lecteurs français, il a déja été traduit par M. Grandeau pour la Revue des travaux allemands qu'il publie dans le *Journal d'Agriculture pratique* depuis plusieurs années. Si nous le traduisons de nouveau, c'est qu'il donne un excellent exemple d'une méthode de recherches qui semble être d'un emploi courant en Allemagne et qu'il importe de faire connaître aux physiologistes qui n'auraient pas eu connaissance du mémoire original ou de la traduction de M. Grandeau.

MM. Nobbe, Schœder et Erdmann ont cultivé le sarrazin qui fait l'objet de leurs expériences dans des *dissolutions salines;* on conçoit que lorsque la végétation s'y soutient, la plante y soit dans des conditions parfaitement déterminées, qu'il est impossible de rencontrer au même degré dans un sol artificiel. Quand on introduit un sel dans l'eau distillée on est assuré que ce sel s'y trouve et qu'il est seul à exercer son action, les causes pertubatrices sont éliminées; nous verrons plus loin que l'interprétation des résultats est plus délicate quand la dissolution saline est complexe; mais, nous le répétons, il y a là une méthode facile à mettre en pratique et qui pourra être utilisée dans les cours de physiologie comme dans les recherches de laboratoire.

En commençant ses travaux, la station physiologique de Tharand s'est proposé de rechercher quel est le rôle que jouent les matières nutritives minérales dans l'économie végétale.

Chacun de ces aliments minéraux, même ceux qui n'entrent pas comme partie intégrante dans la composition des produits végétaux (le soufre, le phosphore), possède une fonction organique *particulière;* ils sont tous également nécessaires et ne peuvent se remplacer réciproquement (2). Nos connaissances sur la nature

(1) Chemnitz, Ed. Focke, 1871.

(2) Liebig, *Grundz. d. Agricultur chemie*, 1855, p. 18.

même de ces fonctions organiques sont encore très-obscures; on s'est borné jusqu'à présent à déterminer les matières nécessaires à la vie de la plante; mais nous ignorons complétement si tel aliment minéral est indispensable parce que sans lui la plante ne peut pas fabriquer de matière organique oxydable, ou parce que ces matériaux ne peuvent pas se métamorphoser en d'autres produits organiques, ou parce qu'il empêche l'accumulation de quelque produit nuisible à la transformation des matériaux, ou parce qu'il règle la transpiration ou enfin parce qu'il a quelque autre rôle à jouer dans l'organisme.

Nous possédons quelques observations microscopiques relatives aux organismes inférieurs. Les matières organiques azotées favorisent la division cellulaire dans les spirogyres (1), tandis qu'en l'absence de ces matières ce sont les parois cellulaires déjà existentes qui s'accroissent.

En cultivant de la levure de bière dans différents liquides nourriciers on a observé que de tous les sels minéraux qui se trouvent dans les cendres, le *phosphate de potasse* seul exerce une influence sur le dédoublement du glucose en alcool et en acide carbonique et qu'on ne peut pas le remplacer par le phosphate de soude ou le phosphate d'ammoniaque.

Quant aux plantes de grande culture il n'existe que quelques données très-éparses sur les phénomènes pathologiques qui se montrent dans les plantes privées ou presque privées de certaines matières minérales. Quand c'est la chaux qui manque, les feuilles déjà formées (orge) cassent bientôt à la base, se déssèchent et il s'en forme d'autres. Quand c'est la magnésie on observe un allongement excessif et une coloration maladive. Quand le phosphore et l'azote manquent, la plante présente une coloration rougeâtre. Quand l'azote seul fait défaut les plantes prennent un développement normal, mais en miniature et leurs racines se multiplient avec une exubérance extrême.

Si nous ajoutons à ces quelques observations les études plus approfondies qui ont été faites sur les phénomènes pathologiques occasionnés par l'absence du fer et du chlore, nous réunissons à peu près tout ce que peut nous fournir la littérature de ce sujet, car les expériences faites sur l'emploi de certaines matières minérales

(1) Karsten, *Poggend. Ann.* 1863, p. 319.

comme *engrais*, comme la *potasse* par exemple, ont conduit certains auteurs à ce résultat que la potasse assimilable ajoutée au sol augmente la quantité de produits hydrocarbonés dans la plante (la fécule dans la pomme de terre, le sucre dans la betterave, etc.), tandis que d'autres auteurs n'ont pas pu observer cette augmentation ou attestent même le contraire, comme MM. Pincus (1), Corenwinder (2), Busse (3), Dehérain (4).

Ces contradictions s'expliquent assez bien, parce que dans ces essais de grande culture, on a affaire à des facteurs compliqués, incalculables, qui varient d'un endroit à l'autre, et qu'on ne peut débarrasser le sol du sel sur lequel on veut expérimenter, contre-expérience sans laquelle on ne peut arriver à une conclusion solide. Abstraction faite de ces divergences et en admettant qu'il existe réellement un rapport entre la potasse contenue dans le sol et la quantité de matières hydrocarbonées récoltées, on aurait encore à se demander si la potasse exerce son influence directement sur la *formation* des matériaux hydrocarbonés, ou si elle agit simplement sur l'*emmagasinage* de ces mêmes matériaux dans des organes déterminés de la plante.

On rencontre un exemple d'un fait analogue dans le rapport constant que Liebig a constaté entre l'accumulation des matières protéiques dans plusieurs graines cultivées et l'acide phosphorique.

Les milieux solides artificiels présentent d'autant moins les désavantages du sol naturel qu'ils s'en éloignent plus par leurs propriétés mécaniques et par leur pureté chimique. Il faut recommander avant tout pour ces sortes d'expériences la culture dans des milieux liquides parfaitement déterminés d'avance, méthode qui est à l'abri de toute critique quand on réussit à élever à côté des plantes soumises à l'expérience, d'autres échantillons destinés à la comparaison avec les résultats de l'expérience et à la critique de juges compétents. Cette méthode permet l'exclusion relativement parfaite de certains aliments et rend possible à toute heure l'examen minutieux de toute la plante, le système radiculaire compris.

Il sera certainement impossible d'exclure *d'une manière absolue* un sel minéral du suc cellulaire d'un végétal; la graine en amène

(1) *P. Landwirth Vers.-Stat.*, X, p. 11.
(2) *J. d'agr. prat.*, XXXI, II, p. 197.
(3) *Journ. f. Landw.*, XVI, 67.
(4) *Compt. rend.*, LXVI, 322, 494.

déjà de petites quantités; dans les expériences de longue durée, la poussière en amène aussi et il devient même difficile de préparer de grandes quantités d'eau distillée complétement privée de matières solides; mais il est évident qu'on peut réduire ces causes d'erreur à un minimum, surtout comparativement aux impuretés qui se rencontreraient inévitablement dans un sol solide.

La méthode d'investigation doit s'adapter à l'étude difficile de ces phénomènes si compliqués; il ne suffira pas de faire végéter les plantes dans des solutions préparées convenablement et de les soumettre ensuite à une analyse chimique plus ou moins complète. Pour arriver à des résultats inattaquables il faut étudier les caractères anatomiques extérieurs et intérieurs de la plante d'abord à l'état normal et puis dans les différents états pathologiques obtenus par la culture. Ces recherches ne sont complètes que quand la chimie donne la main à la micrographie et à la microchimie.

Nous nous sommes proposé d'étudier les unes après les autres les matières minérales qu'on trouve dans les plantes et nous commençons par la *potasse*, comme celle qui attire plus particulièrement l'attention au point de vue scientifique et pratique.

Nous nous sommes d'abord attachés à l'étude de la véritable fonction végétative du potassium, ensuite à celle de la combinaison la plus favorable sous laquelle on peut offrir le potassium à la plante; enfin nous avons cherché à remplacer le potassium par les autres métaux alcalins. A propos de ces derniers et surtout du sodium, il règne la plus grande divergence parmi les auteurs. L'analyse n'a pas donné une trace de soude dans les cendres d'un grand nombre de plantes poussées spontanément dans lesquelles des recherches antérieures avaient découvert de la potasse et de la soude : par exemple, dans le blé et dans l'avoine (grains et paille), dans les pommes de terre (feuilles et tubercules), dans le bois de chêne et de charme, dans les feuilles de tabac, de mûrier, de pivoine, de panais, etc. (1) Ceci prouve, — et la culture dans des milieux privés de soude l'a démontré d'une manière plus péremptoire, — que ces plantes peuvent parcourir sans soude tout le cercle végétatif, de la graine à la graine; d'un autre côté, on dit que les plantes salines (marines) et bien d'autres plantes même cultivées, lorsqu'elles viennent dans un sol

(1) Péligot, *Compt. rend.*, 1867, II, 729.

salé, contiennent dans leurs cendres plus de sels de soude que de sels de potasse (1). Mais cela ne prouve nullement la valeur physiologique de la soude, parce que ces plantes contiennent à côté de la soude une quantité de potasse qui dépasse de beaucoup le minimum nécessaire. Il en est probablement de même du rubidium, du cæsium et du lithium, qu'on rencontre en quantités très-variables dans les cendres, sans doute suivant la composition du sol. M. F. Schulze (2) découvrit à l'aide du spectroscope, dans les feuilles de tabac du Palatinat, une quantité relativement élevée de lithium, tandis que les différents tabacs américains présentent, après des manipulations appropriées, une trace tellement faible de lithium que cet auteur croit pouvoir déterminer la provenance d'un tabac donné suivant sa richesse en lithium, sans attacher à ce fait aucune signification physiologique. L'expérience exacte seule peut lever le doute qui plane sur cette question de la substitution d'un élément à un autre. Des expériences dans ce sens ont été faites par MM. Birner et Lucanus, M. Wolff et M. H. Hellriegel.

MM. Birner et Lucanus (3) élevèrent du trèfle et de l'avoine dans un sol dont la potasse avait été remplacée par la soude, le cæsium, le rubidium, la lithine. Le tableau suivant résume leurs résultats en exprimant le poids de la récolte en *multiples du poids de la graine :*

NOM de la plante.	POIDS de la graine.	MULTIPLES DU POIDS DE LA GRAINE, LE SOL CONTENANT (MATIÈRE SÈCHE).					
		Potasse.	Soude.	Cæsium.	Rubidium.	Lithine.	Ammoniaque
	milligr.						
Trèfle.........	2.138	342.5	44.2	0.85	23.4	1.2	»
Avoine........	27.33	118.7	9.2	0.8 (0.9)*a*	1.5 (2.6)*a*	1.2	2.2

(*a*) Concentration de la dissolution diminuée de moitié.

Il ressort avant tout de ces essais que si la soude ne peut pas, à vrai dire, remplacer la potasse, elle permet, chez le trèfle, une augmentation considérable du poids de matière sèche.

En 1866 et 1867, M. E. Wolff (4) fit des expériences sur la substi-

(1) Corenwinder, *J. d'agr. prat.*, XXXI, II, 197.
(2) *Lehrb. d. Chemie für Landw.*. I, p. 574.
(3) *Landw. Versuchs-Stat.*, VII, p. 363.
(4) *Ueber die Vertretung von Kali durch Natron. Land. Vers.-Stat.*, X, 349.

tution de la soude à la potasse dans la culture de l'avoine; en diminuant graduellement la quantité de potasse contenue dans ses milieux liquides il augmenta dans la même proportion la quantité de soude; une série d'expériences a été faite sans potasse et l'auteur obtint 669 mgr. de grains et 3100 mgr. de paille, en tout 3769 mgr. de matière sèche; un grain séché pesait 34.6 mgr.; le poids a donc été multiplié par 109. Quelque faible que soit ce chiffre à côté du chiffre de la récolte normale, on voit que la plante privée de potasse peut non-seulement augmenter considérablement de poids, mais produire des graines. Quoiqu'il n'ait pas recherché la potasse dans ces plantes, l'auteur doute de l'absence de traces de potasse dans la solution, abstraction faite de la quantité assez notable de potasse introduite avec la graine.

M. Hellriegel éleva de l'orge dans du sable lavé imbibé d'une solution de différentes matières nutritives et d'un sel de soude, mais dépourvu de potasse. Dans un pot contenant 4 kilog. de terre, il obtint 8 plantes, pesant ensemble, sèches, 798 mgr. Aucune de ces plantes n'avait donné de graines. Ce chiffre correspond à $^1/_{22}$ du chiffre obtenu dans des pots contenant une quantité suffisante de potasse. Dans ces plantes élevées sans potasse l'analyse fournit 2, 5 mgr. de potasse.

Ces expériences paraissent se prononcer contre la possibilité d'une substitution de la soude à la potasse; mais cette question ne peut être résolue que par de nouvelles expériences surtout quand on pense qu'une plante souffrant de l'insuffisance d'une matière nutritive, absorbe et emploie avec une économie extrême jusqu'aux moindres traces de cette matière, si les autres conditions de végétation sont favorables.

Les expériences dont nous allons rendre compte sont la continuation de celles que nous avons exécutées autrefois à Chemnitz, sur le sarrasin (Fagopyrum tartaricum) et le seigle d'été. Nous avons choisi ces deux plantes pour avoir un contrôle de nos résultats.

Expériences sur le sarrasin.

Après avoir trouvé une solution dans laquelle le sarrasin traverse toutes les phases de son développement dans laquelle tous ses organes sont complétement et normalement développés et dans laquelle enfin le poids de la récolte égale ou dépasse même la récolte obtenue

dans un sol ordinaire, nous pouvions nous croire en mesure de continuer nos recherches en élevant nos plantes dans l'eau.

Voici les questions relatives à la potasse que nous nous proposions de résoudre :

1. *Comment se comporte la plante dans une solution d'ailleurs complète, mais privée de potasse, et quelles sont les causes des phénomènes particuliers qui apparaissent dans cette culture?*

2. *Comment se comporte la plante dans des solutions où la potasse est engagée dans des combinaisons différentes et quelles sont les causes d'une action plus ou moins favorable de l'un ou l'autre de ses sels?*

3. *La soude et la lithine peuvent-elles remplacer physiologiquement la potasse?*

Avant tout il fallait composer une « solution normale » contenant toutes les matières qu'on trouve dans les cendres et réunissant d'une manière générale toutes les conditions nécessaires à un développement normal et exubérant. C'est à cette solution normale que se rattachent les sept autres séries d'expériences : dans la 2e série la potasse était exclue; dans les 3e, 4e et 5e séries la potasse est offerte à l'état de combinaisons différentes; dans les 6e, 7e et 8e séries la soude et la lithine ont été substituées à la potasse.

En changeant le sel de potasse il fallait en même temps changer la composition de la solution relativement à l'élément électro-négatif du sel; nous avons cherché à le lier à une base reconnue comme utile ou à l'introduire à l'état libre, mais alors en quantité tellement faible qu'on ne pût obtenir une réaction franchement acide. Ensuite il fallait que les sommes de sels fussent sensiblement égales. Le lecteur verra que les différences observées sur les diverses plantes en expériences ne peuvent pas provenir des variations extrêmement minimes qui existent dans les quantités de sels employées. Les huit solutions qui ont servi aux expériences avaient *en équivalents* les compositions absolues suivantes :

I

SOLUTION NORMALE

Sulfate de magnésie	1 éq.
Chlorure de potassium	4
Azotate de chaux	4
Phosphate de potasse	X
Phosphate de fer	Y

II

SOLUTION SANS POTASSE

Sulfate de magnésie	1 éq.
Azotate de chaux	4
Acide chlorhydrique	trace.
Phosphate de fer	Y

III

LA POTASSE A L'ÉTAT D'AZOTATE

Sulfate de magnésie	1 éq.
Azotate de potasse	4
Chlorure de calcium	4
Acide phosphorique	trace.
Phosphate de fer	Y

IV

LA POTASSE A L'ÉTAT DE SULFATE

Sulfate de magnésie	1 éq.
Sulfate de potasse	4
Chlorure de calcium	1
Azotate de chaux	3
Acide phosphorique	M
Phosphate de fer	Y

V

LA POTASSE A L'ÉTAT DE PHOSPHATE

Sulfate de magnésie	1 éq.
Phosphate de potasse	5
Chlorure de calcium	1
Azotate de chaux	3
Phosphate de fer	Y

VI

LA SOUDE REMPLACE LA POTASSE

Sulfate de magnésie	1 éq.
Chlorure de sodium	4
Azotate de chaux	4
Phosphate de soude	V
Phosphate de fer	Y

VII

LA LITHINE REMPLACE LA POTASSE

Sulfate de magnésie	1 éq.
Chlorure de lithium	4
Azotate de chaux	4
Acide phosphorique	M
Phosphate de fer	Y

VIII

LA SOLUTION CONTIENT A LA FOIS DE LA LITHINE ET DE LA POTASSE

Sulfate de magnésie	1 éq.
Chlorure de lithium	3
Chlorure de potassium	1
Azotate de chaux	4
Acide phosphorique	M
Phosphate de fer	Y

Dans les 8 solutions il y avait par conséquent les quantités suivantes par litre des différents sels en milligrames :

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Potasse	326.7	»	274.1	265.0	225.6	»	»	79.7
Soude	»	»	»	»	»	225.1	»	»
Lithine	»	»	»	»	»	»	104.2	73.8
Chaux	163.3	288.1	163.3	157.9	134.4	180.1	214.4	190.3
Magnésie	29.2	51.5	29.2	28.2	24.0	32.2	36.0	43.0.
Sesquioxyde de fer	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5
Acide phosphorique	95.8	15.5	56.3	56.3	356.2	95.8	56.3	56.3
Chlore	207.9	48.7	207.9	50.0	42.6	229.9	255.4	24.3
Acide sulfurique	58.4	103.0	58.4	282.0	48.0	64.4	72.0	68.0
Acide azotique	314.9	556.7	314.9	228.3	194.4	347.3	388.5	367.0

Au commencement des cultures les solutions ont été employées à une concentration d'un demi pour mille, plus tard d'un pour mille, de sorte que la somme des sels était 1/2 et puis 1 gramme par litre d'eau. Le phosphate de soude pour la solution VI a été calculé de manière à ce que la quantité d'acide phosphorique fût la même que dans la solution au phosphate de potasse.

Qu'il nous soit permis, avant de passer à l'exposé des expériences mêmes, d'expliquer en peu de mots le plan de l'expérimentation.

Pendant la végétation même nous observions surtout les différences morphologiques croissantes qui se montraient dans les sujets des différentes séries d'expériences. C'est surtout pendant les premières phases de la végétation que nous y avons appliqué toute notre attention; le point le plus intéressant est en effet la première apparition des différences.

Autant que le temps le permettait l'observation microscopique accompagnait l'étude purement physiologique; elle avait surtout pour objet l'amidon dont les rapports avec la potasse avaient déjà été indiqués et dont la présence était le plus facile à constater.

I. — Marche de la végétation et recherches microscopiques.

Les graines de *Fagopyrum tartaricum* qui servirent à notre culture principale provenaient toutes d'une seule plante très-forte élevée dans l'eau en 1867, qui avait multiplié par 4786 le poids de sa graine et avait formé 108 fruits parfaitement développés; parmi ces graines nous choisîmes les meilleures qui allèrent au fond dans de l'eau sucrée d'une densité de 1,107-1,108. Un tiers des graines surnagèrent dans cette solution et ont été écartées comme moins bonnes. Le poids moyen de la graine était de 35, 9 mgr.

Les graines d'abord gonflées dans l'eau distillée ont germé dans l'appareil de germination. Quand la radicule était sortie, les jeunes plantes ont été disposées sur une gaze étendue au-dessus de la surface de l'eau distillée. Dans cette position la radicule plongeait complétement dans l'eau, tandis que les cotylédons baignaient dans l'atmosphère humide. Le 14 et le 15 on a choisi les meilleures plantes et on les a disposées dans des bocaux remplis d'eau distillée. Le 24 mai les cotylédons étaient complétement développés; la plumule avait 2-8 mm. On pouvait déjà reconnaître quelques différences.

Tandis que I (KCl), III ($KOAzO^5$), IV ($KOSO^3$), et V ($KOPhO^5$) étaient également bien développés, II (sans KO), VI (Na O au lieu de KO) et VII (Li O au lieu de KO) avaient des cotylédons plus petits et d'une teinte maladive dans la série VII.

Le 27 mai les séries I, III, IV et V ont un système radiculaire parfaitement normal; dans I il y a déjà des radicelles de troisième ordre. Les cotylédons ont une coloration verte saine et une largeur de 3, 5 cent. La première feuille est développée. I (KCl) et V ($KOPhO^5$) se portent le mieux, III ($KOAzO^5$) est un peu en retard et IV ($KOSO^3$) est assez loin derrière les autres. — II (sans KO) et VI (Na O au lieu de KO) ressemble d'une manière surprenante aux plantes qui sont venues dans l'eau distillée et ne paraissent pas assimiler. Les plantes de la série VII (Li O au lieu de KO) ressemblent aux précédentes, mais les cotylédons sont pâles, tachetés et vont mourir.

Dans les séries sans potasse (II, VI et VII) le développement est arrêté.

Le 30 mai, quelques pieds de la série II (sans KO) ont les cotylédons légèrement tachetés et plus pâles; sur 12 pieds, 4 sont encore parfaitement intacts. Dans la série VI (NaO) 2 pieds présentent des phénomènes analogues; les cotylédons de la série VII (LiO) sont presque morts.

Le 5 juin, les plantes de la série I (KCl) se portent très-bien; les feuilles et les cotylédons sont très-verts; les racines sont très-développées et possèdent déjà des radicelles de 4e ordre; il y a déjà 3 feuilles. — Dans la série III ($KOAzO^5$) les plantes sont un peu plus faibles que dans la série I; la plupart ont la 2e feuille. — Dans la série IV ($KOSO^3$) les plantes sont encore plus faibles. — La série V ($KO\,PhO^5$) ne diffère pas de la série I. — Les plantes de la série II (sans potasse) ne se développent que très-lentement; les racines sont faibles et ne croissent presque plus. Dans 5 pieds, la première feuille commence à apparaître. — La série VII (NaO au lieu de KO) ressemble parfaitement à la série II. — Dans la série VII (LiO) la mortification des cotylédons continue; la première feuille, là où elle apparaît, est maladive, très-petite et pâle.

Pour savoir si l'arrêt du développement dans les séries II, VI et VII était réellement dû à l'absence de la potasse, nous avons donné à un pied de chacune de ces séries du chlorure de potassium à la dose de 0,1484 gr. par litre. L'état maladif observé sur les plantes de la série VII (LiO) pouvait être causé ou bien par l'absence de la potasse, ou bien par l'action toxique de la lithine; pour nous éclairer à ce sujet, nous avons disposé de nouvelles expériences dans une solution contenant à la fois de la lithine et de la potasse et dont la composition a été donnée ci-dessus (1).

Le 14 juin les séries I et III continuent à se développer normalement et ont déjà leurs quatrièmes feuilles. — Dans la série IV ($KOSO^3$) il y a des phénomènes franchement pathologiques; les racines sont flasques; les entrenœuds courts, épais, et les points de végétation sont noirâtres; les 2 ou 3 feuilles sont roulées, charnues, d'un vert brunâtre en dessus et orangées ou rouges en dessous. Les plantes de la série V ($KOPhO^5$) restent maintenant décidément en arrière des séries I et III; elles commencent à ressembler plutôt à celles de la série IV et présentent les mêmes caractères maladifs, à un degré moindre. — II (sans KO) et VI (Na O) ne se sont pas accrues, tandis

(1) Voyez le tableau de la composition des solutions : série VIII.

que la plante de la série II qui avait reçu du chlorure de potassium a formé de nouvelles radicelles et peut se distinguer parfaitement à première vue des autres, 7 jours après l'addition du chlorure de potassium. De même, la plante de la série VI (NaO) qui a reçu de la potasse a déjà 4 feuilles et de nouvelles racines. Les plantes de la série VII (LiO) sont presque complétement mortes; même la plante qui a reçu de la potasse le 7 juin, n'a pas pu se relever.

C'est le 17 juin que nous avons commencé les premières observations microscopiques. Nous avons suivi, pour la recherche de l'amidon, la méthode indiquée par M. J. Sachs : les coupes microscopiques traitées par la potasse caustique à froid pendant 24 heures ou à chaud pendant un temps plus court, lavées dans l'eau, puis dans l'acide acétique, puis encore une fois dans l'eau, ont été plongées dans une dissolution d'iode dans l'iodure de potassium. Toutes les fois qu'il a été nécessaire d'observer l'amidon non gonflé par l'alcali, les coupes préalablement décolorées par une macération dans l'alcool, ont été directement plongées dans la solution iodée et soumises alors seulement à la méthode de Sachs. Ce procédé avait l'avantage de permettre d'apprécier la quantité relative d'amidon et de matière proto-plasmique dont se composent les grains de chlorophylle.

Dans nos premières observations du 17 juin nous découvrîmes des différences très-considérables :

Dans les séries I (normale) et III ($KOAzO^5$) le mésophylle (parenchyme) des feuilles contenait beaucoup *moins* d'amidon que dans les séries IV ($KOSO^3$) et V ($KO\,PhO^5$) qui en possédaient des quantité notables. Dans IV et V, les grains de chlorophylle présentaient un développement anormal, excessif. Dans les grains de chlorophylle de I et III nous n'avons trouvé que de très-petits grains d'amidon; la plus grande partie du grain se colorait en jaune par l'iode; dans IV et V c'était l'inverse : la plus grande partie du grain se colorait en bleu. Dans les séries II (sans KO) et VI (NaO) il n'y avait rien de remarquable; il y avait une petite quantité d'amidon.

Le 25 juin, les plantes I (KCl) et III ($KOAzO^5$) sont normalement développées et portent 5 ou 6 feuilles dans les aisselles desquelles il y a par ci par là des rameaux axillaires. Dans la série III les plantes sont un peu plus faibles que dans la série I. — Les phénomènes pathologiques observés le 14 dans les séries IV ($KOSO^3$) et V ($KO\,PhO^5$) ont augmenté; le développement est presque arrêté; les feuilles sont

presque toutes roulées, charnues et de mauvaise couleur; les points de végétation commencent à se dessécher. — Les plantes des séries II (sans KO) et VI (Na O) n'ont pas changé; les pieds de ces séries qui ont reçu de la potasse ne ressemblent plus à leurs congénères tant leur accroissement est vif. — Dans la série VII (Li O) toutes les plantes sont mortes sauf une seule. — Dans la série VIII (Li O + KO) les plantes ont assez bonne mine, quoique les cotylédons commencent à se dessécher un peu sur les bords; il y a évidemment assimilation.

Le 1 juillet 4 plantes de la série normale commencent à montrer des boutons à fleurs. Dans aucune autre série les plantes ne sont arrivées à ce développement.

Le 6 juillet une partie des plantes des séries I (KCl) et III ($KOAzO^5$) sont en fleurs. Dans les séries IV et V les plantes sont toujours malades; un pied de la série IV ($KOSO^3$) est mort. Un individu de la série V ($KOPhO^5$) est en boutons. — Dans la série II (sans KO) les plantes ont en moyenne 4 ou 5 feuilles toutes très-petites et rougeâtres; elles n'ont pas augmenté de hauteur. — Dans la série VI (NaO) 2 plantes sont mortes; les autres ont en moyenne 6 petites feuilles pâles et tachetées; les plantes des séries II et VI qui ont reçu de la potasse, se développent bien, sauf les cotylédons, qui n'ont pas augmenté de volume. Il faut en conclure que « l'état de miniature » des séries II et VI doit être positivement attribué au manque de potasse. Remarquons que les plantes des séries II et VI sont presque identiques, ce qui prouve : 1° que la soude ne peut pas remplacer la potasse, mais 2° qu'elle n'est pas nuisible à la végétation. — Dans la série VII toutes les plantes sont mortes; dans la série VIII (LiO et KO) 4 feuilles sont développées, mais elles sont pâles et sèches sur les bords.

Le 14 juillet les séries I et III ($KOAzO^5$) sont complétement en fleurs et parfaitement développées, tandis que dans les séries IV ($KOSO^3$) et V ($KOPhO^5$) il n'y *a pas de trace de floraison* sauf sur un seul individu de la série V qui porte quelques boutons. — Les séries II et VI sont toujours dans le même état. Dans la série VIII les feuilles sèches sur les bords montrent une tendance à s'enrouler vers la face supérieure et se distinguent en cela de celles des séries IV et V qui s'enroulent vers la face inférieure; les racines sont saines.

Voici les résultats de l'examen microscopique d'une plante de chaque série :

I. (*Chlorure de potassium.*) Dans les *entre-nœuds* l'amidon se trouve surtout dans la couche amylacée, il en existe moins dans les vieux que dans les jeunes. Dans le parenchyme cortical et dans les fibres ligneuses il y a par ci par là de l'amidon, mais en petite quantité; quand il y en a dans le bois, il est confiné dans une zone située à égale distance de l'écorce et de la moelle; il y a aussi un peu d'amidon dans la moelle, mais il y est inégalement distribué. Dans le haut de la plante il y a beaucoup d'amidon dans la moelle et dans l'écorce et on peut le poursuivre dans la couche amylacée jusque dans les plus jeunes feuilles. Dans les pétioles, on en trouve une quantité considérable dans la paroi du parenchyme qui avoisine les faisceaux fibro-vasculaires et qui est l'analogue de la couche amylacée de la tige. Dans le parenchyme et dans l'épiderme (cellules stomatiques?) il y en a par ci par là de petites quantités. Les grains de chlorophylle des feuilles ne renferment que de très-petits grains d'amidon, comme cela a déjà été noté plus haut; le parenchyme en palissades est normalement plus riche que le parenchyme méatique sous-jacent.

III. (*Azotate de potasse.*) Dans les entre-nœuds la couche amylacée est bien remplie, comme dans la série I; l'amidon qui se trouve dans le bois est lié à une zone située à égale distance de l'écorce et de la moelle; dans la moelle il y en a beaucoup plus que dans la série I. Dans le point de végétation la moelle est tantôt remplie, tantôt privée d'amidon; la distribution n'en est pas plus uniforme dans les pétioles. Les grains de chlorophylle des feuilles contiennent plus d'amidon que dans la série I.

V. (*Phosphate de potasse.*) Les entre-nœuds sont presque totalement dépourvus d'amidon; rarement il y en a des traces dans la couche amylacée, dans l'écorce et dans la moelle. Dans les points de végétation il y en a rarement de petites quantités, ainsi que dans les pétioles; les *grains de chlorophylle* des feuilles présentent dans leur masse de très-gros grains d'amidon et passent complétement à l'état d'amidon; les feuilles en sont surchargées.

IV. (*Sulfate de potasse.*) Les entre-nœuds se comportent de deux manières différentes relativement à la distribution de l'amidon : 1° la couche amylacée peut être largement chargée de fécule, de même que la moelle sur une zone assez large à la face interne des faisceaux, comme dans la série III; — 2° la couche amylacée à la face interne de quelques faisceaux contient beaucoup d'amidon, tandis que dans d'autres endroits de la même coupe transversale il n'y en a pas; la

même irrégularité se présente à la face interne des faisceaux, dans la moelle, mais toujours de telle manière que lorsqu'il y a de l'amidon à la face externe du faisceau il y en a aussi à la face interne. La distribution de la fécule est tout aussi irrégulière dans le point de végétation, dans les pétioles et dans le parenchyme des feuilles; les grains de chlorophylle de ces dernières renferment de volumineux grains d'amidon. D'après leur richesse en amidon les feuilles se placent entre celles des séries III et V.

V. (*Sans potasse.*) Les entre-nœuds sont absolument privés d'amidon, même dans la couche amylacée; les cellules stomatiques seules en contiennent toujours; le point de végétation et les pétioles en sont également dépourvus, sauf quelques grains qu'on trouve à l'intérieur des grains de chlorophylle.

VI. (*Soude au lieu de potasse.*) Les plantes de cette série présentent exactement les mêmes caractères que celles de la série II.

Le 31 juillet, les séries II (sans potasse) et VI (soude) n'ont pas changé. Quelques pieds des séries IV ($KOSO^3$) et V ($KOPhO^5$) sont morts. — Les plantes de la série normale fructifient; leur hauteur, à partir de l'insertion des cotylédons, est de près d'un mètre. Celles de la série III ($KOAzO^5$) sont moins hautes (45-65 cent.), mais plus ramifiées. Dans la série VIII (potasse et lithine) les plantes sont faibles et délicates; les feuilles ont la grandeur normale, mais elles sont pâles, desséchées sur les bords et roulées vers la face supérieure. Les feuilles inférieures sont mortes; il n'y a pas de fleurs. Nous en concluons que c'est l'absence de potasse qui a empêché l'assimilation dans la série VII, mais qu'il faut néanmoins attribuer à l'action toxique de la lithine les phénomènes pathologiques qui se sont montrés dans la série VII.

Du 1er au 18 août, les différences entre les séries I et III s'accentuent de plus en plus; dans la série I (KCl) le nombre des feuilles normalement colorées et développées est bien plus considérable que dans la série III. Dans les séries IV ($KOSO^3$) et V ($KOPhO^5$) les racines sont flasques, les sommités se dessèchent, toutes les feuilles sont charnues et en partie brunâtres et roulées; il n'y a pas eu de floraison.

Avant de passer à l'examen approfondi des récoltes obtenues, récapitulons en quelques mots les résultats obtenus jusqu'ici.

Les plantes qui ont été élevées dans un sol privé de potassium ou dans lequel le sodium remplaçait le potassium, se sont extrême-

ment peu développées. L'étude microscopique a démontré *que le potassium est un facteur indispensable* pour la formation de l'amidon dans la chlorophylle.

Les plantes périssent très-rapidement dans une solution contenant du chlorure de lithium à la place du chlorure de potassium; la mort doit être attribuée à une action toxique du lithium, tandis que dans une solution où le sodium remplace le potassium, elle est simplement due au défaut d'assimilation causé lui-même par l'absence de potassium : le lithium est vénéneux, le sodium est indifférent.

Les plantes auxquelles on donne le potassium à l'état de sulfate et de phosphate présentent tantôt certains caractères pathologiques extérieurs et intérieurs; les entrenœuds sont très-courts, les sommités ont une mauvaise couleur; l'allongement est bientôt arrêté; les feuilles deviennent charnues et s'enroulent; les grains de chlorophylle se chargent de volumineux grains de fécule qui finissent par remplacer presque complétement la substance protoplasmique du grain de chlorophylle. Les choses se passent comme si la fécule formée normalement par assimilation (1) dans les feuilles n'avait pas pu s'écouler; les pétioles et les parties axiles de la plante sont privées d'amidon ou en contiennent une certaine quantité très-irrégulièrement disposée; le dernier cas précède toujours l'absence totale de l'amidon. Au jeune âge les plantes qui végètent dans *le sulfate ou le phosphate de potasse, forment, dans leurs feuilles, de grandes quantités d'amidon qui cheminent sans obstacle vers l'axe.* La formation de l'amidon dans les feuilles est indépendante de la forme sous laquelle on fournit la potasse à la plante; mais la marche de la fécule de la feuille à la tige s'arrête bientôt : l'amidon déjà déposé dans la tige est utilisé d'abord en partie (ce qui explique sa distribution irrégulière), puis totalement.

Quant aux plantes élevées dans des solutions renfermant le potassium à l'état de chlorure ou d'azotate, leur végétation a été absolument normale jusqu'au 14 juillet; les différences observées dans la répartition de l'amidon ne sont pas importantes, quoiqu'on puisse immédiatement reconnaître à laquelle des deux solutions la plante appartient : dans la série I l'amidon ne se trouve que dans

(1) Les auteurs admettent la théorie de M. Sachs, adoptée par beaucoup de micrographes et suivant laquelle l'amidon qui apparaît à l'intérieur des grains de chlorophylle, est le premier produit de l'assimilation. N. d. Tr.

la couche amylacée; dans la série III il y en a aussi dans la moelle et dans l'écorce, et les feuilles sont plus chargées d'amidon que dans la série I; ces différences s'expliquent facilement par l'accroissement moins énergique de la série III. A partir du 18 août nous voyons apparaître sur les plantes I et III des symptômes pathologiques : les axes secondaires fleurissent sans fructifier; les fleurs se dessèchent et les sommités mêmes ressemblent un peu à celles des plantes IV et V; quelques feuilles se roulent, mais elles ne sont pas charnues et leur couleur n'est pas altérée; elles sont surchargées d'amidon.

Dans les séries I et III, la maladie observée des sommités de deuxième ordre peut être attribuée à l'absence d'une fructification régulière entravée elle-même par des causes extérieures; mais dans les séries IV et V la composition de la solution même est la cause de la maladie; en effet, les plantes des séries I et III ont donné naissance plus tard à des rameaux tertiaires et quaternaires parfaitement sains et qui ont normalement fructifié. La maladie elle-même consiste en un trouble dans la métamorphose de l'amidon qui s'accumule dans les feuilles. Dans les séries I et III quelques générations de rameaux seulement sont atteintes; dans les séries IV et V toute la plante est envahie, de telle manière que la régénération par rameaux est complétement entravée.

De nouvelles cultures commencées le 6 août et le 19 août sont venues confirmer ces manières de voir (1).

II. — Morphologie extérieure du sarrasin.

Nous avons déjà parlé des formes caractéristiques que revêt le sarrasin dans chacune de nos huit solutions.

La plante typique du Fagopyrum tartaricum présente un axe principal qui forme un certain nombre d'entre-nœuds et de feuilles des aisselles desquelles sortent des rameaux de 2e, 3e et 4e ordre (pas au delà); de même, dans le système radiculaire, il ne se forme que des radicelles de 2e, 3e et 4e ordre. Les aisselles des cotylédons et des deux premières feuilles ne portent ordinairement que des rameaux rudimentaires; c'est vers le milieu de la hauteur de la plante que naissent les rameaux les plus vigoureux; l'énergie végétative

(1) Pour ne pas allonger outre mesure ces descriptions, nous avons cru devoir supprimer le journal de ces nouvelles cultures qui ne font que confirmer la culture principale. N. d. Tr.

diminue ensuite vers le sommet, et à la place des rameaux feuillus on ne trouve plus dans les aisselles que des rameaux floraux ; le sommet lui-même se termine par un corymbe de grappes de fleurs. Les rameaux répètent à peu près la même structure.

Cette structure nous est offerte par les plantes des séries I (KCl) et III (KOAzO³), les seules qui nous aient fourni une récolte notable de matière végétale et de fruits mûrs. Nous résumons ici dans deux tableaux les caractères des plantes de ces deux séries :

TABLEAU I. CARACTÈRES MORPHOLOGIQUES DE LA SÉRIE N° 1.
CHLORURE DE POTASSIUM.

	AXES PRIMAIRES.		AXES SECONDAIRES					AXES TERTIAIRES. MAXIMA.		Nombre des fruits mûrs.
				MAXIMA.		MINIMA.				
	Longueur en centimètres.	Nombre des entre-nœuds.	Nombre	Longueur en centimèt.	Nombre des entre-nœuds.	Longueur en centimèt.	Nombre des entre-nœuds.	Longueur en centimèt.	Nombre des entre-nœuds.	
1	»	»	3	84	18	57	9	45	8	6
2	85	16	8	50	10	16	5	33	7	18
3	70	13	11	60	9	2	1	36	10	»
4	75	11	10	49	8	2	1	4	3	»
5	76	13	5	34	5	23	4	4	3	»
6	110	16	8	47	8	22	5	51	6	68
7	65	13	7	50	10	17	7	41	7	307
8	83	14	8	36	6	11	5	2	2	12
9	89	15	10	34	8	19	7	21	10	109
10	81	11	9	55	8	10	3	42	9	31
Moyenne.	82	13.6	7.9	49.9	9 0	17.9	4.7	28.9	6.5	55.1

TABLEAU II. CARACTÈRES MORPHOLOGIQUES DE LA SÉRIE III.
AZOTATE DE POTASSE.

	AXES PRIMAIRES.		AXES SECONDAIRES.					AXES TERTIAIRES MAXIMA.		Nombre des fruits mûrs.
				MAXIMA.		MINIMA.				
	Longueur en centimètres.	Nombre des entre-nœuds.	Nombre	Longueur en centimèt.	Nombre des entre-nœuds.	Longueur en centimèt.	Nombre des entre-nœuds.	Longueur en centimèt.	Nombre des entre-nœuds.	
1	56	14	10	30	9	2	2	22	5	»
2	43	7	5	23	7	3	2	19	4	»
3	97	21	7	50	13	23	9	15	7	30
4	72	12	9	27	6	3	2	69	8	96
Moyenne,	67	13.5	7.8	32.5	8.8	7.8	3.8	31.2	80	31.5

III. — Étude chimique des plantes récoltées.

Sur les 12 plantes de la série I, 10 ont été récoltées, les deux autres ont été employées aux observations micrographiques ; pour la même raison il ne reste des plantes III et V que 4 individus, 3 de la série IV et 5 de la série VIII ; à ces plantes viennent s'ajouter celles qui proviennent des autres cultures, ce qui porte le nombre des individus à 17 pour la série II et à 8 pour la série VI. Nous avons négligé l'analyse des plantes de la série VII (chlorure de lithium) parce qu'elles paraissaient être dépourvues d'intérêt et qu'elles s'étaient très-peu développées.

Nous avons analysé ensemble les fleurs et les tiges ; nous avons séparé la tige et la racine à l'insertion des cotylédons, de sorte que l'axe hypocotylé est compris dans la racine.

Les tableaux suivants donnent un aperçu synoptique des résultats obtenus. Ils indiquent en milligrammes les poids de matière sèche :

EXPOSÉ SYNOPTIQUE DES RÉCOLTES SÈCHES.

TABLEAU III, SÉRIE I[re]. POTASSIUM A L'ÉTAT DE CHLORURE.

NUMÉROS d'ordre.	RACINES.	TIGE et fleurs.	FEUILLES.	FRUITS mûrs.	FRUITS noués, mais non arrivés à maturité.	SOMMES.
	milligr.	milligr.	milligr.	milligr.	milligr.	milligr.
1	1640	8870	4630	120	360	15620
2	1000	8240	6460	330	390	16420
3	1420	10390	7370	»	110	19290
4	2460	7960	3920	»	»	14340
5	1830	6440	4500	»	»	12770
6	1570	14910	15850	1750	2410	36490
7	2510	14520	7180	5820	1530	31560
8	1470	7780	4930	220	20	14420
9	1200	10210	6120	2230	680	20440
10	2190	11360	6280	580	1190	21600
Moyenne pour une plante.	1730	10070	6720	1110	670	20300

TABLEAU IV, SÉRIE III. POTASSIUM A L'ÉTAT D'AZOTATE.

NUMÉROS d'ordre.	RACINES.	TIGE et fleurs.	FEUILLES.	FRUITS mûrs.	FRUITS noués non arrivés à maturité.	SOMMES.
	milligr.	milligr.	milligr.	milligr.	milligr.	milligr.
1	1240	6270	9600	»	»	17110
2	1480	5040	8600	»	»	15120
3	1430	4460	5410	500	250	12050
4	2730	9660	0210	2100	2620	25320
Moyenne pour une plante.	1720	6360	7950	650	720	17400

TABLEAU V, SÉRIE IV. POTASSIUM A L'ÉTAT DE SULFATE.

NUMÉROS d'ordre.	RACINES.	TIGES et fleurs.	FEUILLES.	SOMMES.
	milligr.	milligr.	milligr.	milligr.
1	155.0	513.0	1397.8	2065.8
2	19.5	35.5	148.2	203.2
3	41.5	53.5	184.5	279.5
Moyenne pour une plante.	72.0	200.6	576.8	849.5

TABLEAU VI, SÉRIE V. POTASSIUM A L'ÉTAT DE PHOSPHATE.

NUMÉROS d'ordre.	RACINES.	TIGES et fleurs.	FEUILLES.	SOMMES.
	milligr.	milligr.	milligr.	milligr.
1	294.6	282.2	1127.3	1704.1
2	248.7	573.9	1103.8	1926.4
3	345.0	829.0	830.5	2004.5
4	33.8	104.0	307.3	445.1
Moyenne pour une plante.	220.5	447.3	842.2	1520.0

TABLEAU VII, SÉRIE II. SANS POTASSIUM. VI. SODIUM AU LIEU DE POTASSIUM ET VIII. LITHIUM MÉLANGÉ AU POTASSIUM.

SÉRIE.		RACINES.	TIGES.	FEUILLES.	SOMMES.
		milligr.	milligr.	milligr.	milligr.
II	17 plantes..............	157.7	133.5	857.0	1148.2
	Moyenne d'une plante....	9.2	7.9	50.4	67.5
VI	8 plantes...............	71.0	95.5	770.5	937.0
	Moyenne d'une plante....	8.9	11.9	96.3	117.1
VIII	5 plantes...............	210.5	538.0	1129.5	1928.0
	Moyenne d'une plante....	42.1	117.6	225.9	385.6

Ces chiffres viennent confirmer des faits que nous sommes arrivés à reconnaître par des considérations d'un ordre tout différent; il est vrai que les poids de matière fournis par les différents individus sont très-variables; mais dans les expériences qu'on fait sur des organismes vivants il ne faut pas oublier l'influence de l'individualité qui infirme quelque peu les résultats généraux; cependant les chiffres moyens forment une série qui concorde avec les résultats de l'examen morphologique et anatomique. Les séries II et VI ont très-peu produit; une plante donne en moyenne pour la première 67,5 millig., pour la dernière 117,1 millig. de matière sèche. Les graines employées à cette culture pesaient en moyenne 36,9 millig. ce qui correspond à peu près à 30,6 millig. de matière sèche. La série II a donc doublé ce poids et la série VI l'a quadruplé; cette production nouvelle est très-faible. Nous verrons plus loin que ces plantes ont assimilé un peu de potasse malgré l'absence de ce corps dans la solution, et cette faible quantité de potasse ajoutée à celle qui existait déjà dans la graine suffit pour expliquer l'assimilation qui s'est produite.

Dans la série VIII (lithium et potassium) la plante sèche pèse 13 fois plus que la graine; il y a donc eu indubitablement une assimilation affaiblie par l'action toxique du sel de lithium.

Dans la série I (KCl) la plante a donné en moyenne 20 300 millig. de matière sèche, dans la série III 17 400 millig.; le premier de ces chiffres indique une multiplication dans le rapport de 663/1, le second un rapport de 569/1.

Dans les solutions IV ($KOSO^3$) et V ($KOPhO^5$) les plantes ont assimilé mais elles ont été arrêtées par une maladie; dans la série IV le poids obtenu est de 849,4 millig. (rapport au poids de la graine : 28/1), dans la série V, de 1520 millig. (rapport : 50/1).

Tous ces chiffres démontrent de combien le chlorure de potassium et même l'azotate de potasse sont plus favorables au développement du *Fagopyrum tartaricum* que le sulfate et le phosphate de potasse.

Avant de passer à l'application de ces faits à la culture, étudions d'abord la composition chimique de nos récoltes.

Nous réunissons dans le tableau VIII les quantités de cendres contenues dans la matière sèche fournie par les différentes récoltes;

TABLEAU VIII. — QUANTITÉS DE CENDRES PRIVÉES DE CARBONE ET DE SILICE POUR CENT DE MATIÈRE SÈCHE.

SÉRIE.		RACINES.	TIGES et fleurs.	FEUILLES.	FRUITS mûrs.	FRUITS noués, mais non arrivés à maturité.
I	KCl...........	7.57	10.12	11.98	2.28	2.85
III	$KOAzO^5$........	7.90	10.13	9.06	2.66	2.99
IV	$KOSO^3$.........	9.21	14.34	16.12	»	»
V	$KOPO^5$..........	10.00	16.12	15.74	»	»
II	Sans K.........	»	9.74	»	»	»
VI	Na au lieu de K...	»	21.07	»	»	»
VIII	+ K...........	»	17.43	»	»	»

Les plantes des séries I et III ont dans toutes leurs parties des quantités de cendres assez égales; les feuilles seules font exception : dans la série I il y a plus de cendres dans les feuilles que dans la série III et la différence est d'environ 3 pour 100. Les fruits mûrs contiennent le moins de cendres, tandis que les fruits non mûrs renferment une quantité plus élevée de matières minérales. Les cendres se trouvent en plus grande quantité dans la tige que dans la racine; dans les feuilles les quantités de cendres sont assez variables, tantôt elles dépassent celles des tiges, tantôt elles restent en-dessous. Mais ce qui doit frapper le plus dans ce tableau, c'est que les séries IV et V sont beaucoup plus riches en cendres dans toutes les parties de la plante que les autres séries.

Les plantes de la série II contiennent beaucoup moins de cendres que celles des séries VI et VIII, dans ces dernières la proportion est presque double.

Passons maintenant à la composition des cendres de nos plantes. Malheureusement nous avons souvent été obligés de nous borner à doser la potasse, faute d'une quantité suffisante de matière; les séries I et III seules ont pu être complétement analysées; nous avons renoncé à l'analyse des fruits et, pour la série III, à celle des racines.

Les dosages de potasse ont été les plus complets dans toutes les séries; les tableaux IX et X en indiquent les chiffres, le premier pour 100 de cendre, le second pour 100 de plantes sèches.

Nous avons déjà fait observer plus haut que les faibles quantités de potassium introduites par différentes causes d'erreur dans les so-

lutions I et VI suffisent parfaitement pour expliquer le développement qui s'est opéré dans les plantes de ces séries.

TABLEAU IX. — POTASSE CONTENUE DANS 100 PARTIES DE CENDRES.

SÉRIE.		RACINES.	TIGES et fruits.	FEUILLES.	FRUITS MURS.	FRUITS non mûrs.
I	KCl.............	15.43	34.19	18.47	25.62	42.49
III	$KOAzO^5$........	17.23	44.44	22 07	39.74	41.61
IV	$KOSO^3$.........	22.87	28.81	13.66	»	»
V	$KOPhO^5$........	18.88	22 79	15.75	»	»
III	Sans K.........		8.12		»	»
VI	Na pour K......		7.74		»	»

TABLEAU. X. — POTASSE CONTENUE DANS 100 PARTIES DE PLANTES SÈCHES.

SÉRIE.		RACINES.	TIGES et fruits.	FEUILLES.	FRUITS MURS.	FRUITS non mûrs.
I	KCl.............	1.168	3.454	2.213	0.585	1.211
III	$KOAzO^5$........	1.361	4.502	1.999	1.055	1.137
IV	$KOSO^3$.........	2.106	4.130	2.219	»	»
V	$KOPhO^5$........	2.045	3.683	2.478	»	»
II	Sans K.........		0.791		»	»
VI	Na pour K......		0.999		»	»

Le tableau suivant est destiné à montrer les rapports entre les quantités de potasse absorbées par les plantes et l'augmentation de matière sèche :

TABLEAU XI. — 1 MGR. DE POTASSE CORRESPOND AUX QUANTITÉS SUIVANTES DE MATIÈRE SÈCHE (MGR.).

SÉRIE.		RACINES.	TIGES et fruits.	FEUILLES.	FRUITS MURS.	FRUITS non mûrs.
I	KCl.............	87.87	28.95	45.27	171.2	82.57
II	Pas de K.......		126.4		»	»
III	$KOAzO^5$........	73.8	22.21	50.05	94.6	80.19
IV	$KOSO^3$.........	47.48	24.22	44.96	»	»
V	$KOPhO^5$........	48.9	32.01	40.37	»	»
VI	Na pour K......		100.1			

Il ressort de ce tableau : 1° que dans les séries privées de potassium il s'est formé beaucoup plus de matière sèche *par unité de potasse* que dans les autres séries, 2° que ce n'est pas le manque de potasse qui a entravé la marche régulière de la végétation dans les séries IV et V.

Les feuilles affectées d'accumulation d'amidon donnent une quantité de cendres supérieure à la quantité normale sans que leur richesse en potasse augmente.

Voici les résultats de l'analyse détaillée des séries I et III.

TABLEAU XII. — 100 PARTIES DE CENDRES RENFERMENT :

	I. CHLORURE DE POTASSIUM.			III. AZOTATE DE POTASSE.		
	Racines.	Tiges et fleurs.	Feuilles.	Racines.	Tiges et fleurs.	Feuilles.
Potasse	15.43	34.19	18.47	17.23	41.44	22.06
Soude	1.30	1.81	1.18	»	1.39	1.27
Magnésie	3.27	3.48	7.89	»	3.31	8.73
Chaux	14.31	12.28	24.68	9.54	10.64	21.85
Sesquioxyde de fer	26.21	0.11	1.91	23.13	0.35	1.60
Acide phosphorique	24.13	6.09	6.97	24.35	9.92	8.96
Chlore	6.03	11.03	11.03	»	9.22	8.97
Acide sulfurique	1.09	2.67	2.83	»	3.04	1.98

TABLEAU XIII. — 100 PARTIES DE MATIÈRE SÈCHE RENFERMENT :

	I. CHLORURE DE POTASSIUM.			III. AZOTATE DE POTASSE.		
	Racines.	Tiges et fleurs.	Feuilles.	Racines.	Tiges et fleurs.	Feuilles.
Potasse	1.168	3.450	2.213	1.361	4.502	1.999
Soude	0.098	0.183	0.131	»	0.141	0.115
Magnésie	0.248	0.352	0.925	»	0.335	0.791
Chaux	1.083	1.236	2.957	0.754	1.078	1.980
Sesquioxyde de fer	1.981	0.011	0.229	1.827	0.035	0.145
Acide phosphorique	1.827	0.609	0.835	1.924	1.005	0.812
Chlore	0.456	1.149	1.321	»	0.934	0.813
Acide sulfurique	0.083	0.270	0.339	»	0.308	0.179

Dans tous les organes sans exception les cendres de la série III sont plus riches en potasse que celles de la série I ; les chiffres se rapprochent le plus pour les racines où la différence est de 8 pour 100.

La divergence la plus élevée s'observe pour les tiges et les fleurs (10 pour 100) et les feuilles viennent se ranger entre les deux.

Nous avons trouvé dans les deux séries une quantité à peu près égale de soude; comme nous n'en avions pas introduit sciemment dans nos solutions, ce corps ne peut provenir que de l'état d'impureté des sels employés ou des poussières atmosphériques. Heureusement que l'exclusion absolue de la soude n'avait aucune importance dans nos expériences.

Contrairement à ce qui arrive pour la potasse, il existe dans tous les organes des plantes III moins de *chaux* que dans les plantes I; il y a une sorte de balancement entre la potasse et la chaux qu'on trouve dans une plante. La magnésie ne paraît pas suivre cette loi : tandis que le chiffre de magnésie des tiges I dépasse celui des tiges III, celui des feuilles I est inférieur à celui des feuilles III. La quantité extraordinairement élevée d'oxyde de fer et d'acide phosphorique qui se trouve dans les cendres des racines s'explique par l'impossibilité de détacher par le lavage les particules insolubles de phosphate de fer qui adhèrent aux radicelles.

Les cendres de la série I renferment toutes plus de chlore que les cendres de la série III.

IV. — Conclusions.

La série II, qui était privée de potasse, a fourni dans toutes les cultures un résultat uniforme et très-frappant.

Lorsque la potasse manque l'accroissement de la plante est arrêté, et ni la soude ni la lithine ne peuvent remplacer la potasse dans ses fonctions physiologiques; la lithine exerce même une action délétère. L'arrêt de développement est dû à l'incapacité de la chlorophylle de produire de l'amidon, la jeune plante végète d'abord aux dépens de l'amidon de réserve contenu dans la graine; mais celui-ci consommé, elle persiste dans un état d'inanition parfait qui rend même inutiles les autres aliments minéraux. Quand on ajoute ensuite de la potasse à la solution, la plante commence immédiatement à se ranimer; il se forme de l'amidon dans les grains de chlorophylle; l'afflux des matériaux élaborés vers le cône de végétation paraît se rétablir et les organes végétatifs se développent régulièrement. La forme sous laquelle on présente la potasse à la plante ne paraît pas être importante. Avec tous les sels de potasse

que nous avons employés, les grains de chlorophylle engendrent de grandes quantités d'amidon. Il nous est donc permis de tirer de nos expériences les conclusions suivantes :

Les grains de chlorophylle n'engendrent d'amidon autochthone que sous l'influence de la potasse, quelle que soit d'ailleurs la forme sous laquelle cette base se présente.

Quant à l'accroissement ultérieur de la plante, qui repose sur l'écoulement régulier de l'amidon formé dans la feuille, la nature du sel de potasse paraît au contraire exercer une influence notable. Les plantes élevées dans des liquides contenant la potasse à l'état de sulfate, de phosphate et même d'azotate, dénotent bientôt des symptômes pathologiques qui reposent en dernière analyse sur l'accumulation de l'amidon dans les feuilles et par conséquent sur la rupture de l'équilibre entre la production et la métamorphose de l'amidon. Ces phénomènes peuvent apparaître à différents âges et de là dépend le port différent affecté par les plantes malades; lorsque la maladie intervient avant l'allongement, la plante devient touffue et rameuse. L'amidon entassé au commencement dans la tige est irrégulièrement consommé et ne se remplace pas, de sorte qu'il y a dans la distribution de l'amidon des irrégularités caractéristiques; finalement il n'y a plus d'amidon dans l'axe, tandis que les feuilles sont surchargées. Quelle est maintenant la cause de cette maladie ? Comme elle s'est montrée dans tous les cas d'une même série de cultures, nous croyons pouvoir admettre qu'elle réside dans la composition chimique du milieu. Elle est très-intense dans le sulfate et le phosphate de potasse, beaucoup moins dans l'azotate, et les plantes traitées par le chlorure de potassium sont tout à fait normales.

Les résultats des recherches chimiques concordent parfaitement avec les observations morphologiques; la formation de matière végétale dépend de la présence de la potasse et le chlorure est le sel le plus favorable; ce n'est pas le défaut de potasse qui cause l'accumulation de l'amidon dans les feuilles, mais uniquement la combinaison dans laquelle la potasse est engagée; après le chlorure de potassium, l'azote de potasse est le sel qui agit le plus favorablement; est-ce parce que cette combinaison est plus favorable par elle-même? On pourrait croire que la plante ayant besoin d'une quantité d'azotate très-considérable relativement aux quantités de sels minéraux et ne trouvant cet azote qu'à l'état d'azotate de

potasse, absorbe ce sel en très-grande quantité. Peut-être l'azotate de potasse est-il décomposé dans le suc cellulaire avec formation de *chlorure de potassium*, car le chlorure de calcium ne manque pas dans les cellules et la chaux devenue libre peut s'unir à l'acide oxalique qui est très-généralement répandu dans la plante. (1)

Ces recherches sont donc une confirmation d'un certain poids pour les travaux de l'un de nous sur *l'importance du chlore dans l'organisme végétal* (2). Le chlorure de potassium est non-seulement la meilleure forme sous laquelle on puisse offrir le potassium du sarrasin, mais aussi la meilleure forme sous laquelle on puisse lui offrir le chlore (comparativement aux chlorures de calcium, de sodium et de magnésium).

Les plantes auxquelles le chlore fait défaut ne continuent pas moins à fabriquer de l'amidon dans leurs feuilles; cet amidon s'accumule aussi dans toutes les parties de la tige, où il sert à produire des quantités anormales de cellulose, de lignine, de suber, mais d'où il ne se dirige pas vers les fruits.

On a souvent prétendu, en s'appuyant sur des essais de grande culture (3), que le sulfate de potasse est préférable au chlorure, avec lequel les betteraves produisent moins de sucre et les pommes de terre moins de fécule. Mais le sol ne pourrait-il pas jouer ici un rôle particulier et opérer des combinaisons et des décompositions que nous ne connaissons pas? Nous ne serions pas étonnés d'arriver à des résultats contraires en cultivant ces plantes dans l'eau. En ajoutant à un sol de composition complexe du chlorure de potassium, il peut se former du chlorure de magnésium nuisible aux plantes et du chlorure de calcium; la force absorbante du sol pour ces deux sels est d'ailleurs très-faible et ils ne tarderaient pas à filtrer dans le sous-sol.

Voici donc enfin les réponses aux questions que nous nous étions proposées au commencement de ce travail.

1. *Dans une solution privée de potasse, mais contenant tous les*

(1) Les auteurs supposent probablement comme le fait M. Emmerling (*Landw. Vers. Stat.*, 1874) que l'azotate de chaux est décomposé par de l'acide oxalique libre et que l'acide azotique devient le point de départ des matières albuminoïdes.

(2) *Landw. Versuchs-Stat.*, VII, 1805, p. 371

(3) Henneberg, *Nobbe u. Strohmann. Landw. Vers.-Stat. Jahresb. für*, 1867, p. 68, 118. Voyez en outre, plus loin les expériences qui ont été faites avec les mêmes liqueurs sur le *Lepidium sativum* (cresson alénois), et dans lesquelles le sulfate de potasse a été le plus favorable à la plante.



autres sels nécessaires à la végétation, la plante se comporte comme dans l'eau pure; elle n'assimile pas et n'augmente pas de poids, parce que sans potasse il ne se forme pas d'amidon dans les grains de chlorophylle.

2. *Le chlorure de potassium est la combinaison de potassium la plus favorable à la végétation du sarrasin. L'azotate de potasse s'en rapproche le plus : le sulfate et le phosphate de potasse causent tôt ou tard une maladie particulière qui consiste dans l'accumulation passive de l'amidon dans les feuilles.*

3. *La soude et la lithine ne peuvent pas remplacer la potasse; la soude est cependant simplement inutile, tandis que la lithine est nuisible.*

Toutes ces expériences, sauf celles de la lithine, ont été répétées au laboratoire de culture du Muséum pendant les années 1874 et 1875. Les résultats sont d'une constance remarquable, et cette maladie dont parlent les auteurs allemands n'a pas tardé à se montrer avec tous ses caractères si singuliers dans les plantes qui avaient reçu la potasse sous la forme de sulfate ou de phosphate. Dans le chlorure de sodium, le sommet de végétation paraît comme noué; la plante ne profite pas plus que dans un milieu privé de sels alcalins. Cet effet s'est reproduit dans nos essais sur le cresson alénois; les plantes qui ont reçu du chlorure de sodium n'atteignent pas un poids sec supérieur à celui que présentent celles qui ont été complétement privées de sels alcalins, mais là s'arrête l'analogie; le sulfate s'est montré plus favorable que le chlorure, et ce résultat inattendu montre qu'il faut se garder de généraliser des résultats de cette nature en les transportant d'une espèce végétale à une autre. Tout le monde sait que des plantes différentes demandent une culture tout à fait différente.

Qu'il nous soit permis d'ajouter une petite observation relative à la composition chimique des milieux employés par MM. Nobbe, Schrœder et Erdmann. Comparons entre elles les deux solutions I et III.

I	Sulfate de magnésie........	1 éq.	III	Sulfate de magnésie........	1 éq.
	Chlorure de potassium......	4 éq.		Azotate de potasse.........	4 éq.
	Azotate de chaux...........	4 éq.		Chlorure de calcium........	4 éq.
	Phosphate de potasse........	X		Acide phosphorique........	traces
	Phosphate de fer............	Y		Phosphate de fer...........	Y

En laissant de côté le phosphate de potasse, l'acide phosphorique libre, le phosphate de fer, qui ne s'y trouvent qu'en très-petite quantité, ces deux liqueurs sont identiques ; dans un liquide où le chlorure de potassium et l'azotate de chaux se trouvent réunis, équivalent pour équivalent, il doit se former : 1° du chlorure de potassium, 2° du chlorure de calcium, 3° de l'azotate de potasse, 4° de l'azotate de chaux. Il en est de même des autres liqueurs, mais là les phénomènes sont plus complexes à cause des variations de la dose. Une partie des résultats obtenus dans ces expériences et notamment le numéro 2 des conclusions demandent une interprétation différente de celle des auteurs. On ne peut pas dire que telle combinaison de potasse est plus favorable quand il y avait dans la liqueur une multitude de combinaisons de potasse, comme dans la série V où il y avait du phosphate, du sulfate, du chlorure et de l'azotate de potasse. Les auteurs attribuent la maladie observée (accumulation d'amidon dans les feuilles), à ce que la potasse s'y trouve à l'état de phosphate. Ne faut-il pas attribuer plutôt cet effet à l'énorme quantité d'acide phosphorique qui s'y trouve, 5 équivalents (!), au lieu des traces qui existent dans les autres solutions ?

Il en est de même de la série IV, qui renferme 4 équivalents d'acide sulfurique, tandis que toutes les autres n'en renferment qu'un seul équivalent. La deuxième conclusion, qui dit que le chlorure de potassium est la combinaison la plus favorable à la végétation du sarrasin, etc., ne doit donc être acceptée que sous réserve et elle demande à être confirmée. Nous ne doutons pas qu'il n'y ait des plantes qui supportent mieux de grandes quantités d'acide phosphorique et d'acide sulfurique que ne le fait le sarrasin et nous ne sommes donc nullement étonné, ni des résultats différents qu'ont obtenus en 1867 MM. Nobbe et Strohmann dans la culture des betteraves et de la pomme de terre, ni de ceux auxquels nous sommes arrivés dans les expériences sur le cresson alénois auquel nous avons fait allusion plus haut et qui seront prochainement l'objet d'une note plus détaillée.

Traduit de l'allemand, par J. VESQUE.

DOSAGE VOLUMÉTRIQUE DE L'ACIDE CARBONIQUE

PAR

M. AUGUSTE HOUZEAU,

Professeur de chimie à l'École d'Agriculture de la Seine-Inférieure.

L'acide carbonique est un des gaz dont le dosage est très-fréquent dans les laboratoires de chimie agricole. C'est sous cet état que le carbone est déterminé dans l'analyse élémentaire des matières organiques, et qu'on apprécie également l'humus que renferment les sols arables, d'après le procédé Brunner (Ébullition de la terre avec un mélange d'acide sulfurique et de bi-chromate de potasse).

L'analyse de la chaux employée dans la défécation des jus dans les fabriques de sucre, celle des marnes, des cendres, des engrais, du limon déposé par les eaux courantes, ainsi que le résidu fixe des eaux employées à l'alimentation du bétail ou dans l'irrigation des prairies, etc., nécessitent aussi la connaissance de la détermination quantitative de l'acide carbonique. Il en est de même encore de certaines recherches de physiologie accomplies hors du laboratoire.

Jusqu'à présent, on n'a guère dosé l'acide carbonique que par différence ou directement par l'augmentation du poids d'un appareil contenant de la potasse caustique. Mais, outre l'obligation où l'on se trouve, par l'emploi de ce procédé, de faire usage d'appareils dessiccateurs spéciaux et de balances de précision assez coûteuses, il est difficile, à moins d'une grande perte de temps, de se soustraire aux causes d'erreur produites par les variations de température et de l'état hygrométrique de l'air pendant la durée, souvent fort longue, de certaines expériences.

A la vérité, l'emploi de tubes témoins atténue ces erreurs. Cependant, il ne saurait toujours les faire disparaître entièrement, puisque la faculté hygrométrique des appareils varie, comme nous l'a enseigné M. Regnault, avec la matière des verres.

Ainsi, il est arrivé à divers observateurs qui opéraient à l'air libre, de constater, dans le poids de deux tubes témoins, en apparence identiques, des différences qui dépassaient plusieurs centigrammes.

C'est pour éviter ces inconvénients, que je remplace depuis huit

ans dans mon laboratoire, pour les dosages courants d'acide carbonique, l'ancien mode opératoire par la méthode volumétrique que je publie aujourd'hui.

Le principe en est simple; il consiste à absorber le gaz carbonique par de la soude titrée, à rendre ensuite insoluble le carbonate formé, en le précipitant par une dissolution de chlorure de baryum neutre, et à évaluer alcalimétriquement par l'acide sulfurique titré, la soude demeurée libre. La différence observée dans le titre de cette soude *avant* et *après* l'absorption du gaz, représente l'acide sulfurique qui a été remplacé par une quantité équivalente de gaz carbonique.

La production de sulfate de baryte pendant le titrage ne nuit en rien à la netteté du changement de couleur que subit le tournesol.

Toutefois, dans la pratique, on a reconnu l'obligation, pour obtenir toute sécurité dans l'application de la méthode, d'avoir un signe auquel on reconnaissait la saturation de l'alcali par le gaz carbonique; car, dans le bicarbonate de soude, l'excédant d'acide n'est pas précipité par le sel de baryum. De là, une source de graves erreurs dans le dosage.

On arrive à ce résultat en substituant à la soude caustique ordinaire, une solution *zinco-sodique*, c'est-à-dire cette même soude additionnée d'une très-petite quantité d'oxyde de zinc. Aussi longtemps qu'il reste un léger excès d'alcali libre, la liqueur demeure incolore; elle se trouble, au contraire, quand la saturation s'accomplit. L'oxyde de zinc, très-soluble dans l'alcali caustique, ne l'est plus dans le carbonate, et alors il se précipite. En ajoutant, dans ce cas, au moment du titrage, de la soude sursaturée ou bicarbonatée, une nouvelle prise de soude caustique, on détruit le bi-carbonate sans aucune perte d'acide carbonique, et la précipitation totale de ce dernier, par le sel de baryte, est ainsi assurée.

Les instruments spéciaux à se procurer consistent en une burette de 35 centimètres cubes divisés en dixièmes, deux pipettes graduées à débit rapide, une de 10 et l'autre de 20 centimètres cubes; un ou plusieurs tubes à boules (modèle Will) pouvant contenir séparément vingt-cinq grammes d'eau, et autant d'éprouvettes à pied, étroites (diamètre: $0^{m},035$; hauteur, $0^{m},260$) ou de ballons (1) d'une capa-

(1) L'emploi du ballon est préférable, lorsqu'il s'agit de doser l'acide carbonique des eaux, ainsi que je l'indiquerai dans un mémoire spécial.

cité d'environ 210 centimètres cubes. Par un trait de lime on limite la jauge de ces éprouvettes ou de ces ballons exactement à 200 centimètres cubes (T=15°); un verre avec son agitateur; un tube témoin très-léger à eau de baryte de 5 centimètres cubes de capacité.

Les réactifs sont :

De la teinture de tournesol sensible (1); une solution *zinco-sodique* titrée; un acide sulfurique titré, dont un centimètre cube renferme 4^{millig}, 46 SO^3HO, équivalant à 2^{millig}, 0 d'acide carbonique, on a 0^{millig}, 54 de carbone; une solution aqueuse de chlorure de baryum neutre saturée à + 15°; de l'eau de baryte.

Solution zinco-sodique titrée. — On la prépare en dissolvant un gramme d'oxyde de zinc sec dans environ 270^{cc} de lessive de soude du commerce marquant 36° Baumé, et en ajoutant à la liqueur, après refroidissement, la quantité d'eau distillée nécessaire pour faire un litre; ou en préparant le même volume de dissolution avec environ 130 grammes de soude en fragments et la même quantité d'oxyde de zinc désignée. Cette solution alcaline a pour densité 1. 115 et marque 16° B.

La potasse peut remplacer la soude.

La condition essentielle que doit remplir la liqueur alcaline absorbante, c'est qu'à la dose d'un centimètre cube, elle n'exige pas plus de 29 à 31 centimètres cubes d'acide titré pour être neutralisée.

Il importe peu, comme on le verra plus loin, qu'elle soit légèrement sulfatée ou carbonatée. On la conserve dans un flacon muni d'un bouchon en caoutchouc. Pour chaque dosage carbonique, on opère sur 10^{cc} de la dissolution sodique, qui exigent pour être saturés environ 0^{gr},5 d'acide carbonique représentant un peu plus d'un décigramme de carbone, quantités qu'on a rarement à doser en une seule fois.

Acide sulfurique titré. — Il est préparé suivant l'une des trois formules suivantes :

1° *Avec l'acide sulfurique pur bouilli :* SO^3HO; 4^{gr},455 de cet acide sont additionnés d'une quantité suffisante d'eau distillée pour faire un litre à + 15°.

2° *Avec l'acide azotimétrique :* 1 litre = 35^{gr},000 SO^3HO; 127^{cc},3

(1) On rend imputrescible la teinture du tournesol en l'additionnant d'alcool.

de cet acide, plus une quantité d'eau suffisante pour faire 1 litre à + 15°.

3° *Avec l'acide titré de M. Péligot* : 1 litre = 61gr,250 SO^3HO. 72cc,8 cet acide, plus l'eau nécessaire pour faire un litre à + 15°.

Quelle que soit son origine, l'acide employé pour le dosage du gaz carbonique est, on le voit, préparé de telle sorte que :

1 cent. cube contient 3mil5 SO^3HO qui correspond

$$\text{à} \begin{cases} 2,^{\text{millg}}.00\ CO^2 \\ 0,^{\text{millg}}.54\ C \end{cases}$$

On le conserve dans un flacon bouché à l'émeri.

Solution de chlorure de baryum. — On la prépare rapidement en dissolvant 44 gr. de chlorure de baryum neutre, cristallisé dans 100 centimètres cubes d'eau qu'on porte à l'ébullition. On filtre s'il y a lieu. 10 cent. cubes de cette dissolution, une fois refroidie, contiennent approximativement 4_{cc},3 de BaCl, c'est-à-dire une quantité de baryum équivalente à 3 grammes de soude et 2 grammes d'acide carbonique.

On la conserve dans un flacon bouché au liége. A chaque dosage on n'en utilise guère que 10 centimètres cubes.

MODE OPÉRATOIRE.

Absorption de l'acide carbonique. — Je verse ordinairement chaque prise de 10 centimètres cubes de soude normale pouvant approximativement absorber 0gr5 CO^2 ou 0 1 C, dans un tube de Will au bout duquel je suspends un petit tube léger contenant 1 centimètre cube d'eau de baryte destiné à avertir l'opérateur s'il y a du gaz carbonique qui échappe à l'absorption par la soude. Le tube de Will doit être assez fortement incliné vers la source qui fournit le gaz, afin de rendre l'absorption plus complète. Dans tous les cas, si après l'absorption de l'acide carbonique, la soude demeure limpide c'est une preuve qu'il n'y a pas eu formation de bi-carbonate et alors on la titre, comme il va être dit, après avoir précipité le carbonate par le sel de baryum. Si au contraire elle s'est troublée, on ne doit la traiter par le chlorure barytique *qu'après l'avoir mélangée dans l'éprouvette à pied avec dix autres centimètres cubes de soude normale*, destinés à dissoudre l'oxyde de zinc et surtout à absorber l'excès d'acide qui constitue le bicarbonate.

Quand on fait usage, pour recueillir le gaz carbonique, de deux tubes de Will placés l'un à la suite de l'autre, et que la soude du premier tube a seule fourni un dépôt ou un trouble, on peut mélanger le contenu des deux tubes, pour éviter la présence du bicarbonate, puis titrer, après l'addition du sel de baryum.

J'ai quelquefois employé avec avantage comme appareils d'absorption, les éprouvettes mêmes dans lesquelles s'effectue la précipitation du sel de baryum. Ces éprouvettes étaient munies de bouchons donnant passage à trois tubes d'inégal diamètre et dont deux seulement plongeaient à des hauteurs différentes dans le liquide alcalin.

Le tube central droit, qui avait le plus large diamètre, et qui descendait le plus bas possible dans la liqueur sodique, était destiné à introduire dans l'éprouvette même, sans la déboucher, et pendant le cours de l'expérience, une deuxième prise de 10 centimètres cubes de soude normale, quand la première était sur le point d'atteindre son terme de saturation.

Quelle que soit la forme ou la nature des vases employés pour l'absorption de l'acide carbonique, la condition indispensable à remplir, c'est de ne faire arriver le gaz que très-lentement, bulle à bulle, pour ainsi dire.

Pour opérer le lavage des appareils à absorption, lorsque, après l'expérience, on verse la soude pour la traiter par le sel de baryum, il n'est pas nécessaire d'avoir recours à de l'eau bouillie; l'eau distillée ordinaire suffit généralement, surtout quand on a pris au préalable, le titre de la soude normale avec cette même eau.

On comprend qu'il en soit ainsi, puisqu'on opère toujours sur le même volume de liqueur et que l'évaluation de l'acide carbonique s'effectue d'après une différence entre deux titres qui sont pris dans des conditions comparables.

Prise du titre de la soude, avant l'absorption de l'acide carbonique. — On prélève exactement avec la pipette 10 centimètres cubes de la liqueur alcaline qu'on laisse écouler dans une éprouvette à pied et d'étroit diamètre. On ajoute une quantité suffisante d'eau distillée pour obtenir approximativement un volume de 190 centimètres cubes; à l'aide de la liqueur de baryum on complète, avec précision, les 200 centimètres qui sont marqués par un trait de lime. On bouche l'éprouvette et on la retourne sens dessus dessous,

pour bien mélanger la liqueur. Les sulfates et les carbonates préexistants se précipitent.

Quand après un repos de plusieurs heures (1) une trentaine de centimètres cubes de la liqueur se trouvent entièrement éclaircis, on en prélève avec soin, par l'intermédiaire d'une autre pipette, 20 centimètres cubes qu'on laisse ensuite écouler dans le verre, où doit se faire l'essai alcalimétrique, à la manière ordinaire, avec l'acide titré dont $1^{cc}\,4^{milg},46\ SO^3HO = 2^{millig},0\ CO^2$.

Le résultat obtenu doit être contrôlé par un deuxième et parfois un troisième essai opéré dans des conditions analogues.

En multipliant par 10 le nombre de centimètres cubes d'acide titré exigé pour la saturation de la fraction de la soude essayée (20^c, c'est-à-dire la dixième partie du volume total, 200), on a le titre des 10 centimètres cubes de la liqueur alcaline normale.

Exemple :

10 cent. cubes de soude normale + 10cc BaCl + Eau = 200cc.

Pris 20cc ou $\frac{1}{10}$ du volume total (200cc), qui ont exigé :

	I	II	III
Acide titré :	26cc.8	26cc.9	26cc.9.

d'où titre des 10cc de soude normale = 26.9 × 10 = 269cc d'acide titré.

Lorsque la soude est renfermée dans des flacons bien bouchés, son titre est si peu variable qu'il est inutile de le vérifier à chaque dosage.

Prise du titre de la soude, après l'absorption de l'acide carbonique. — On procède comme précédemment. La seule différence qu'on observe réside dans la rapidité avec laquelle la liqueur s'éclaircit à la suite du traitement par le sel de baryum. Après un repos de quelques minutes, il y a un volume de liqueur assez lim-

(1) La rapidité de la précipitation du carbonate de baryte varie selon que le sel est plus ou moins abondant. Elle exige plusieurs heures quand on prend le titre de la soude normale et souvent cinq à dix minutes seulement lorsqu'il y a eu absorption d'une grande quantité d'acide carbonique.

Dans tous les cas, il faut bien se garder, pour accélérer le titrage, de jeter la liqueur sur un filtre sec. L'écart est considérable entre le titre de la même soude, selon qu'on a pris ce titre sur la liqueur éclaircie par simple décantation ou par filtration. On s'en fera une idée par les résultats suivants :

Titre des 10cc de soude normale,

		Acide titré.
La liqueur claire ayant été séparée	par décantation	256cc
	par filtration	245cc

pide pour faire, quand cela est nécessaire, deux essais alcalimétriques successifs.

Exemples :

I. *La soude n'ayant pas précipité d'oxyde de zinc.*

10 cent. cubes soude normale + CO^2 + Eau + BaCl = 200cc.
Pris 20cc ou $\frac{1}{10}$ du volume total (200cc), qui ont exigé :
Acide titré = 21cc5.

	Acide titré.
Soit titre réel pour 200cc liqueur ou 10cc de soude employés =	215cc0.

Résumé :
Titre de 10cc soude normale :

	Acide titré.
Avant l'absorption de l'acide carbonique..............................	269cc.0
Après — — —	215cc.0
Différence représentant l'acide titré qui a été remplacé par CO^2............	54cc.0

Or, puisque 1cc acide titré = 2,0mill CO^2.
54cc acide titré = 2mil.0 × 54 = 108mil.0 CO^2.
Conclusion : l'acide carbonique absorbé s'élève à 0gr.108.

II. *La soude ayant précipité de l'oxyde de zinc.*

Dans ce cas, il faut verser préalablement dans l'éprouvette à pied où doit se faire la précipitation par le sel de baryte, 10 centimètres cubes de soude normale et lui ajouter ensuite la soude carbonatée provenant de l'expérience, ainsi que les eaux de lavage, le tout formant un volume d'environ 185 à 190 centimètres cubes. On complète exactement les 200 centimètres cubes avec la liqueur de baryum (1).

Après un repos suffisant, on prélève 20 centimètres cubes de liqueur entièrement éclaircie.

10cc soude normale + CO^2 + 10cc soude normale + eau + BaCl = 200cc.
Pris 20 ou $\frac{1}{10}$ du volume total 200cc qui ont exigé :
Acide titré = 26cc8.

Soit titre réel pour 200cc ou 20cc soude employés =	268cc.0

Résumé :
Titre de 10cc + 10cc ou 20cc soude normale :

(1) Il est important que le sel de baryum soit toujours en excès, autrement une partie de l'acide carbonique resterait à l'état soluble et fausserait le résultat du dosage. Si par hasard on n'avait pas employé une quantité suffisante de dissolution barytique, on le reconnaîtrait au moment du titrage de la soude par l'acide sulfurique; il ne se formerait pas de sulfate de baryte. Au reste, dix centimètres cubes de la liqueur barytique, saturée à froid, sont toujours suffisants pour précipiter l'acide carbonique que les 10cc de soude normale peuvent absorber.

	Acide titré
Avant l'absorption de l'acide carbonique	538cc.0
Après — —	268cc.0
Différence représentant l'acide titré qui a été remplacé par CO^2	270cc.0

270cc = 0gr.540 CO^2.

Conclusion : l'acide carbonique absorbé s'élève à 0gr,540.

Observations. — Dans les conditions de concentration où se trouvent respectivement la soude normale et l'acide titré, on ne fait guère dans le titrage, avec de l'habitude, qu'une erreur en plus ou en moins, d'une demi-division, soit un demi-dixième de centimètre cube (1) (0cc, 05) ; cette erreur multipliée par dix pour le titre total représente, comme on le voit, 0cc,5 d'acide titré en plus ou en moins et correspond à une erreur de 0gr, 001 d'acide carbonique.

C'est une précision suffisante pour les dosages qu'on fait couramment dans les laboratoires. A la vérité, il est aisé de diminuer beaucoup cette erreur en opérant sur un volume moindre de soude, en affaiblissant l'acide titré ou seulement en prélevant, après le traitement par le chlorure de baryum, une fraction bien plus importante (la moitié ou les trois quarts) de la liqueur sodique. Au lieu d'être multipliée par dix, l'erreur ne l'est plus que par deux ou moins encore, et l'on arrive par ces moyens à répondre de centièmes de milligrammes. Mais alors, ce que l'on gagne en précision, on le perd en rapidité, et mon but actuel est surtout de donner aux laboratoires de chimie agricole un procédé facile et d'une exactitude suffisante pour le dosage, dans les cas ordinaires, de l'acide carbonique. D'ailleurs, pour l'appréciation du carbone, l'erreur signalée plus haut (0gr, 001) ne correspond plus déjà, en nombre rond, qu'à 0gr, 0003.

Pour les cas spéciaux, au contraire, chaque auteur, tout en conservant le principe de la méthode, pourra y apporter, dans les détails, les modifications qui seront réclamées par la nature du travail à accomplir.

Contrôle de la méthode. — Voici d'ailleurs les résultats obtenus sur le dosage du gaz carbonique par la pesée et la méthode volumétrique. On verra que l'accord est satisfaisant. On a opéré en absorbant l'acide carbonique sec par 10 centimètres cubes de soude

(1) Le titrage ne doit être considéré comme bon que lorsque le tournesol, après avoir rougi dans toute la masse de la liqueur, redevient rapidement bleu.

placés dans un tube Will pesé et qui était suivi d'un tube à ponce sulfurique également pesé. En conséquence, les chiffres fournis par les deux méthodes proviennent de l'absorption de la même quantité de gaz par la même soude.

		I	II	III	IV	V (1)
Acide carbonique trouvé	par la pesée........	0gr,084	0gr,276	0gr,293	0gr,420	0gr,424
	par la méthode volumétrique..........	0gr,085	0gr,276	0gr,294	0gr,419	0gr,424
	Différence..........	0gr,001	0gr,000	0gr,001	0gr,001	0gr,000

Application de la méthode à l'analyse organique. — Sur ma demande, M. A. Henninger a eu l'obligeance d'appliquer dans le laboratoire de M. Wurtz, à l'École de médecine, la méthode volumétrique au dosage du carbone d'une matière organique bien définie : le *crésylol mono-bromé.*

L'acide carbonique produit par la combustion, suivant les règles ordinaires, a été absorbé par 10 centim. cubes de soude contenus dans un simple tube Will. Voici le résultat obtenu, rapporté à 100 parties en poids de la matière analysée :

	Calculé	Trouvé
Carbone.	44,92	45,02

RÉSUMÉ.

Il résulte de ce qui précède, que les instruments spéciaux à se procurer pour le dosage volumétrique de l'acide carbonique consistent principalement en :

Une burette de 35 centimètres cubes divisés en dixièmes; deux pipettes graduées, une de 10 et l'autre de 20 centimètres; un ou plusieurs tubes Will pouvant contenir séparément 25 grammes d'eau et autant de ballons ou d'éprouvettes à pied à diamètre étroit (diamètre intérieur $0^m,035$; hauteur de $0^m,25$ à $0^m,28$) et d'une capacité d'environ 210 centimètres cubes. Par un trait de lime, on gradue ces ballons ou ces éprouvettes exactement à 200 centimètres cubes à + 15°.

Les réactifs employés sont :

De la teinture de tournesol sensible; une dissolution de chlorure

(1) La soude était saturée d'acide carbonique avec formation de bicarbonate, il y avait précipitation d'oxyde de zinc.



de baryum neutre saturée à froid, préparée avec 44 grammes de sel et 100 centimètres cubes d'eau; un acide titré obtenu en ajoutant à 4gr.,455 d'acide sulfurique monohydraté (SO^3HO) la quantité d'eau nécessaire pour faire un litre à + 15°; 1 centimètre cube de cet acide correspond à 2millig.,0 d'acide carbonique ou à 0millig.,54 de carbone;

Une solution *zinco-sodique* préparée avec environ 270 centimètres cubes de soude à 36° dans la moitié desquels on dissout à chaud un gramme d'oxyde de zinc sec. Après refroidissement, on réunit les deux fractions de la dissolution sodique et on les étend d'une quantité suffisante d'eau pour faire un litre à 15°. Cette dissolution a alors pour densité 1,115.

La condition essentielle que doit remplir cette liqueur sodique, c'est qu'à la dose de 1 centimètre cube elle n'exige pas plus de 29 à 31 centimètres cubes de l'acide titré précédent, pour être neutralisée. Si elle était trop concentrée, il faudrait l'étendre d'eau pour ramener son titre à cette limite.

Dans la pratique, on absorbe l'acide carbonique à doser par 10 centimètres cubes de la dissolution sodique, versée dans un tube Will ou tout autre appareil au bout duquel on suspend à l'aide d'un caoutchouc un léger tube témoin contenant environ 1 centimètre cube d'eau de baryte ou un mélange de liqueur sodique pure et de chlorure de baryum.

Le dégagement de l'acide carbonique doit être le plus lent possible pour assurer sa complète absorption.

10 centimètres cubes de la dissolution de soude exigent pour leur carbonatation complète environ 0gr.,5 d'acide carbonique représentant un peu plus d'un décigramme de carbone. Quand l'acide carbonique à doser, dépasse cette proportion, on doit faire suivre le tube Will d'un autre tube semblable contenant une deuxième prise de 10 centimètres cubes de soude ou réunir ces deux prises dans un même tube Will assez grand.

Après l'expérience, on procède à la précipitation du carbonate formé, puis ensuite au dosage de la soude demeurée libre (1).

(1) Pour cet essai alcalimétrique, il est utile de colorer fortement en bleu, avec du tournesol sensible, la liqueur sodique, afin que le passage de la teinte au rouge soit plus marqué. L'addition de l'acide titré doit d'ailleurs, dans tous les cas, déterminer un précipité blanc dont l'absence indiquerait une insuffisance de chlorure de baryum et par suite un dosage inexact.



On doit cependant distinguer deux cas : celui où, après l'absorption de l'acide carbonique, la soude est restée limpide, et le cas où elle s'est troublée par suite d'un dépôt d'oxyde de zinc dont l'apparition coïncide avec la saturation plus ou moins complète de la soude.

1er CAS. *La soude est limpide.* — Lorsque la solution alcaline a conservé sa limpidité, on verse soigneusement le contenu du tube Will dans une éprouvette à pied, on lave plusieurs fois à l'eau distillée qu'on ajoute successivement au liquide précédent, et après avoir mis 10 centimètres cubes de la solution barytique, on continue l'addition de l'eau dans l'éprouvette jusqu'à ce que le niveau du mélange atteigne exactement le trait de jauge : 200 centimètres cubes.

On ferme hermétiquement l'éprouvette et on la retourne deux ou trois fois de haut en bas pour rendre le mélange homogène. Après un repos de quelques minutes il y a assez de liquide éclairci pour en prélever exactement 20 centimètres cubes, qu'on soumet ensuite à un essai alcalimétrique avec l'acide désigné.

2e CAS. *La soude s'est troublée.* — Quand au contraire, après l'absorption de l'acide carbonique, la liqueur sodique s'est troublée, on ne doit la soumettre au traitement du chlorure de baryum qu'après l'avoir additionnée d'une prise de 10 centimètres cubes de soude normale destinée à détruire le bi-carbonate qui a pu se former.

A cet effet, on verse d'abord dans l'éprouvette à pied ce supplément de 10 centimètres cubes de soude normale et on y ajoute ensuite la soude du tube Will en procédant exactement comme ci-dessus. Il faut surtout ne pas omettre d'employer un excès de chlorure de baryum (1) pour précipiter la totalité de l'acide carbonique. (10 centimètres cubes de la liqueur barytique ne suffisent que pour 10 centimètres cubes de soude. Dans le cas présent, il faut en doubler la dose.)

(1) On reconnaîtrait d'ailleurs l'absence de cet excès, en faisant l'essai alcalimétrique. L'acide sulfurique titré ne produirait aucun précipité dans la prise de 20cc du mélange alcalin.

EXEMPLE D'UN DOSAGE D'ACIDE CARBONIQUE.

Prise du titre de la soude normale AVANT *l'absorption de l'acide carbonique.*

Soude normale = 10cc + eau distillée ordinaire + 10cc solution BaCl = 200cc.
20cc du mélange au $\frac{1}{10}$ exigent 26cc,9 acide titré.

EXTRAIT DES RECHERCHES

SUR LA

COMPOSITION DE L'ACIDE HUMIQUE NATUREL

ET

SON INTERVENTION DANS LA NUTRITION DES PLANTES

PAR

M. E. SIMON
Directeur de la station agricole de Gand (1).

Pour obtenir l'acide humique l'auteur traite la tourbe par un acide faible, puis il attaque la matière ainsi purifiée par de l'ammoniaque, et obtient, après évaporation au bain-marie, une solution d'un noir brillant, très-cassante, mais très-soluble dans l'eau. Cette

Soit titre de la totalité (200cc mélange = 10cc soude normale = 269cc d'acide titré.

Prise du titre de la soude normale APRÈS *l'absorption de l'acide carbonique (absence du dépôt d'oxyde de zinc).*

Soude normale = 10cc + CO^2 + eau + solution BaCl = 200cc.
20cc du mélange ou $\frac{1}{10}$ exigent 21cc5 acide titré,
d'où titre total : 215cc d'acide titré.

Résumé :

Titre de 10cc soude normale :

	Acide titré.
Avant l'absorption de l'acide carbonique	269cc,0
Après — — —	215cc,0
Différence représentant l'acide titré qui a été remplacé par l'acide carbonique =	54cc,0

Or, puisque 1cc acide titré = 2mil,0 CO^2
54cc,0 acide = titré 2mil,0 CO^2 × 54 = 108mil,9 CO^2.
Conclusion : l'acide carbonique absorbé s'élève à 0gr,108.

CONTROLE DE LA MÉTHODE.

		I	II	III	IV	V
Acide carbonique trouvé	par la pesée	0gr,084	0gr,276	0gr,293	0gr,420	0gr,424
	par la méthode volumétrique	0gr,085	0gr,276	0gr,294	0gr,419	0gr,424
	Différence	0gr,001	0gr,000	0gr,001	0gr,001	0gr,000

Application de la méthode au dosage du carbone des matières organiques.

Expérience faite sur le *Crésylol mono-bromé*, par M. A. Henninger, dans le laboratoire de M. Wurtz.

	Calculé.	Trouvé.
Carbone %	44,92	45,02

(1) Mémoires de l'Académie royale de Belgique. 2e série, t. XXXIX, no 2, février 1875.

solution est tout à fait neutre aux papiers réactifs sans odeur ni saveur, elle contient de l'ammoniaque combinée à l'acide humique. La matière redissoute dans l'eau est traitée par de l'acide chlorhydrique, le précipité obtenu laissé en digestion dans l'eau pendant plusieurs heures, constitue l'acide humique insoluble dans l'eau.

« Quand on laisse l'acide humique ainsi préparé en contact avec de l'eau distillée dans un ballon bouché il devient peu à peu soluble, trois jours suffisent pour obtenir une solution colorée en jaune.

» La grande solubilité de l'humate d'ammoniaque dans l'eau m'a porté à croire que la solubilité lente de l'acide humique pouvait être due à une absorption d'azote par l'acide humique. L'azote absorbé serait transformé en ammoniaque, en un mot j'ai pensé qu'il pouvait y avoir formation lente d'humate d'ammoniaque aux dépens de l'azote de l'air (1).

» En effet, une expérience que j'ai faite dans une éprouvette à gaz remplie d'azote auquel j'avais ajouté de l'acide humique en suspension dans l'eau m'a fait voir qu'après huit jours de contact, le volume primitif de l'azote avait diminué.

» Pour confirmer le fait de l'absorption de l'azote et de la formation simultanée d'ammoniaque je fis les expériences suivantes :

» 1° Un ballon d'une capacité de 200 cc environ, effilé pour être scellé à la lampe, fut rempli d'azote; on y introduisit de l'acide humique pur (c'est-à-dire ne donnant aucune réaction de l'ammoniaque ni avec la magnésie, ni avec la soude) en suspension dans l'eau; le ballon fut scellé à la lampe et exposé à la lumière.

» 2° Un tube effilé fut complétement rempli avec de l'eau tenant de l'acide humique en suspension, on a chauffé au bain-marie pendant une demi-heure, puis on a fermé le tube au chalumeau; ce tube fut placé à côté du ballon.

» 3° Un tube qui contenait de l'acide humique et de l'eau distillée fut fermé simplement avec un bouchon en caoutchouc; on a cons-

(1) M. Dehérain a constaté que l'humus du vieux bois ou l'acide ulmique de la terre arable en dissolution dans la potasse peuvent absorber l'azote. Voyez *Chimie agricole* p. 316.

L'auteur paraît n'avoir pas eu entre les mains le mémoire publié par M. Dehérain dans les Annales des sciences naturelles. Botanique..... t. XVIII, p. 147, 1873, où les expériences sur la fixation de l'azote atmosphérique sont données avec tous les détails qu'elles comportent; ces expériences n'étaient pas terminées lors de la publication de la *Chimie agricole*.



taté que l'eau distillée employée ne renfermait ni ammoniaque libre ni carbonate d'ammoniaque et était tout à fait exempte d'acide carbonique.

» Les trois expériences ont été commencées le 7 août et terminées le 22 août. Le ballon n° 1 et le tube effilé n° 2 ont été conservés intacts, mais le ballon n° 3 a été débouché plusieurs fois.

» 1° Le ballon fut enlevé le 22 août, on cassa le bout effilé sous le mercure, il y eut absorption et le mercure monta considérablement dans le ballon. On aspira une partie du gaz du ballon et on le fit passer, après l'avoir desséché par un tube de Liebig contenant une lessive de potasse, il y eut augmentation de poids. Le contenu du ballon filtré donna un liquide fortement coloré en brun; ce liquide dégage, avec de la magnésie, de l'ammoniaque en quantité notable.

» On peut, ce me semble, conclure de cette expérience que l'azote gazeux a été absorbé, qu'il s'est formé de l'ammoniaque et qu'il s'est produit de l'acide carbonique.

» 2° Le tube scellé ne montre pas de changement, l'acide humique en suspension dans l'eau s'est déposé, le liquide reste parfaitement incolore. Le 11 novembre, j'ai cassé ce tube, le liquide évaporé sur une lame de platine ne donne aucun résidu charbonneux. L'absence d'air ou le défaut presque absolu d'azote dans l'eau ne permettait en effet aucun changement.

» 3° Le contenu du ballon n° 3 filtré donne un liquide coloré en jaune brun. Ce liquide dégage de l'ammoniaque lorsqu'on le chauffe avec de la magnésie. Ici il y a eu formation d'ammoniaque aux dépens de l'azote de l'air enfermé dans le ballon et dissous dans l'eau.

» Pour confirmer les résultats de ces expériences, j'ai préparé de l'acide humique en faisant avec de la soude un extrait de tourbe et en précipitant la dissolution obtenue par l'acide chlorhydrique.

» L'acide humique ainsi obtenu ne contient aucune trace d'ammoniaque, ainsi que je m'en suis assuré par différents essais au moyen de la magnésie et de la soude.

» On a rempli un tube à boules avec de l'acide humique ainsi préparé et de l'eau distillée, puis j'ai fait passer lentement pendant douze heures environ un courant d'azote purifié. Le contenu du tube a été filtré et ensuite distillé avec de la magnésie.

» Le produit de la distillation a été recueilli dans un ballon contenant un peu d'acide chlorhydrique. On a évaporé avec du chlo-

rure de platine à sec et repris par de l'alcool à 85°. J'ai ainsi obtenu un dépot de chloroplatinate d'ammonium.

» Ne me contentant pas de ces résultats, je me suis efforcé de trouver un mode de préparation de l'acide humique capable de le donner tout à fait exempt d'ammoniaque (1). En tenant compte de la propriété de l'acide humique, de fixer l'azote de l'air, je me suis arrêté au mode suivant :

» Je fais une solution d'humate d'ammoniaque à laquelle j'ajoute un bol de chaux, puis je fais bouillir ce mélange jusqu'à ce que toute l'ammoniaque soit chassée. Il m'a fallu quatre jours pour chasser toute l'ammoniaque et décomposer les matières albuminoïdes.

» Je précipite, à ce moment, par l'acide chlorhydrique et je filtre en évitant autant que possible le contact de l'air. Cette opération offre assez de difficultés, car la filtration se fait d'une façon excessivement lente et dure toute une semaine même en employant la pompe pneumatique. La dessiccation du produit a été faite dans un courant d'acide carbonique.

» Un dosage d'azote fait par la chaux sodée, sur 0,0718 grammes de cet acide humique, ne donna pas de traces d'azote.

» Cet acide humique fut digéré avec de l'alcool absolu et l'on obtint après filtration un liquide coloré, qui, évaporé, donna une substance d'un brun noir, très-hygroscopique, propriété que ne possède pas la partie insoluble dans l'alcool qui est d'un noir brillant.

» Cet acide humique, soluble dans l'alcool, ne cède absolument rien à l'eau bouillante. Un mélange d'acide humique et d'eau fut mis dans une capsule en verre et le tout fut exposé au soleil hors du laboratoire.

» Après huit heures, je voyais déjà une faible coloration du liquide en jaune, j'ai ensuite filtré et traité le liquide filtré par de la magnésie, j'ai obtenu une réaction d'ammoniaque sensible au papier de tournesol.

(1) Les acides humiques préparés soit par l'ammoniaque, soit par la soude, quoique préparés avec un soin scrupuleux, me donnaient toujours de faibles quantités d'azote par la combustion avec la chaux sodée. Je crois que cet azote provient des débris organiques que j'ai trouvés assez bien conservés dans la tourbe dont je me suis servi pour préparer mon acide humique. J'ai pu distinguer des débris d'Erica et des Sphagnées. Les matières albuminoïdes peuvent être rendues solubles par les alcalis employés et entraînées alors par le précipité floconneux de l'acide humique.

» Je fis ensuite l'expérience suivante :

» Je pris deux appareils à boule que je remplis d'eau distillée en ajoutant dans le premier la partie de l'acide humique soluble dans l'alcool, et dans le second la partie insoluble, les deux matières ayant été séchées à 100°. Je fis ensuite passer de l'azote préalablement purifié en lui faisant traverser une lessive de potasse et d'acide sulfurique concentré, bulle à bulle pendant environ dix-huit heures. L'azote sortant passait ensuite dans de l'eau de baryte.

» Les deux tubes à boules de Liebig furent ensuite fermés et placés hors du laboratoire, exposés au soleil du midi.

» L'*eau de baryte a déposé du carbonate de baryte en quantité appréciable.*

» Après huit jours, on a versé séparément le contenu des tubes 1 et 2 sur deux filtres.

» Le *liquide filtré des deux tubes est coloré en jaune brun, ce qui prouve déjà une modification des deux produits.*

» J'ai distillé ensuite avec de la magnésie, en faisant absorber l'ammoniaque dégagée par de l'acide chlorhydrique. Les produits ont été exposés avec du chlorure de platine et repris par l'alcool; j'ai obtenu avec les deux parties de l'acide humique de petites quantités de *chloroplatinate d'ammonium.*

» Je crois que cette expérience confirme complétement les expériences précédentes et qu'elle permet les conclusions suivantes :

» 1° L'*acide humique possède la propriété d'absorber l'azote de l'air et de former de l'ammoniaque.*

» 2° L'*absorption de l'azote de l'air est accompagnée d'une émission d'acide carbonique.* »

Les faits constatés par M. Simon confirment complétement ceux qui ont été publiés par M. P.-P. Dehérain dans son mémoire sur l'intervention de l'azote atmosphérique; M. Dehérain avait obtenu également la fixation de l'azote atmosphérique en plaçant dans un volume limité d'air de l'humus du vieux bois, il avait plus habituellement agi avec du glucose attaqué par un alcali, il produisait ainsi artificiellement une variété de composé ulmique; M. Dehérain a reconnu que cette matière diminuait le volume de l'azote avec laquelle elle était en contact, et qu'elle se chargeait d'azote qu'un dosage à la chaux sodée permettait d'apprécier.

Sans nier que M. Dehérain eût réussi à préparer une matière

organique azotée avec l'azote de l'air, on lui objectait que la réaction qui avait donné naissance à ce produit nouveau, n'avait peut-être pas lieu dans la terre arable, et qu'on ne pouvait pas conclure de son expérience de laboratoire à ce qui se passait dans le sol.

Si les faits annoncés par M. Simon dans ce mémoire sont confirmés par de nouvelles recherches, dans lesquelles la quantité d'azote fixée sera susceptible d'être appréciée en volume et en poids, on pourra considérer comme résolue la grande question de l'intervention de l'azote atmosphérique dans la végétation : il sera démontré que c'est dans le sol qu'a lieu la fixation de l'azote atmosphérique, et que c'est là l'origine de l'excès d'azote que présentent les récoltes sur les fumures qu'elles ont reçues.

ÉTUDES SUR LES FRUITS OLÉAGINEUX DES PAYS TROPICAUX (SUITE) (1).

LA NOIX DE BANCOUL

PAR

M. B. CORENWINDER

Les pays tropicaux fournissent depuis un petit nombre d'années à l'industrie européenne un contingent de graines et de fruits oléagineux qui donnent lieu à un mouvement commercial dont l'importance augmente tous les jours. Je citerai les graines d'arachides, de sésame, de coton, de carapa, de palmiste, l'amande de la noix de coco.

Le commerce d'importation en France de ces produits naturels est tout récent, mais il a progressé avec une rapidité prodigieuse.

En 1840, on cultivait à peine l'arachide dans notre colonie du Sénégal, qui n'en a exporté cette année-là qu'environ 1200 kil.

En 1855, l'exportation de ce produit y dépassait 5 millions de kilogrammes.

Depuis lors le commerce des graines oléagineuses originaires des pays chauds a pris un développement inouï. Les états de douanes établissent qu'en l'année 1874, la France en a reçu des divers pays

(1) *L'arachide, son fruit, l'huile et le tourteau qu'on en retire.* Lille, 1869. — *Analyse de la Chataigne du Brésil.* Lille, 1870.



qui se livrent à la culture de ces denrées, tels que la côte occidentale d'Afrique, l'Espagne, le Portugal, l'Asie Mineure, les Indes orientales, les quantités suivantes :

Graines d'arachides et de carapa	103,922,992 kil.
— de sésame	59,856,692
— de coton	31,518,625
Soit un total de	195,298,309

C'est-à-dire environ 200 millions de kilogrammes.

Ce trafic ne pourra que s'accroître dans l'avenir. Ce qui tend à le favoriser, c'est le progrès de l'agriculture, qui emploie de plus en plus les résidus de la pression des graines oléagineuses, c'est-à-dire les tourteaux qui servent à l'alimentation du bétail et à la fertilisation des terres.

Dans un précédent mémoire, j'ai fait connaître la composition chimique de la graine d'arachide originaire de la Sénégambie. Je ne reviendrai pas sur ce que j'en ai dit. Je me bornerai à rapporter cette analyse, afin de la comparer à celle de l'amande de la noix de Bancoul, qui fait l'objet de cette étude.

Voici la composition de la graine d'arachide dépouillée de son enveloppe ligneuse :

Eau		6.76
Huile		51.75
Substances azotées		21.80
Substances organiques non azotées		17.66
Acide phosphorique	0.64	2.03
Potasse, magnésie, chaux, etc.	1.39	
		100.00

La graine dans son état normal renferme :

Azote	3,49 p. 100.

Indépendamment des graines oléagineuses exploitées aujourd'hui par l'industrie européenne, il en existe encore beaucoup dans les pays chauds qui pourraient à leur tour être mises à profit par l'homme pour augmenter ses ressources matérielles. J'ai fait connaître également la composition d'une de ces graines que l'on désigne sous le nom de *noix de Para*, *châtaigne du Brésil*, *juvia*. Humboldt a donné à l'arbre qui la produit le nom scientifique de *Bertholletia excelsa*, en l'honneur de son célèbre contemporain Berthollet.

La noix de Para est une des graines les plus riches en huile que

l'on connaisse. Cependant elle n'est guère exploitée. Tout au plus en fait-on un peu d'huile à la Guyane et en Portugal. Cette noix, que l'on vend chez les marchands de comestibles et dans les rues de Paris, est connue de tout le monde. Fraîche, elle a une saveur agréable; mais elle rancit rapidement. C'est sans doute à cause de cet inconvénient que son emploi ne s'est pas propagé dans l'industrie.

Je rappellerai aussi, à titre de renseignement, l'analyse que j'en ai publiée au commencement de l'année 1870. La voici :

Eau		8.00
Huile		65.60
Substances azotées		15.31
Substances organiques non azotées		7.39
Acide phosphorique	1.35	3.70
Potasse, chaux, silice, etc.	2.35	
		100.00

Cette amande dans son état normal renferme :

Azote . . . . 2.45 p. 100.

Un savant chimiste du Muséum de Paris, M. Cloëz, a fait, il y a une dizaine d'années, des recherches sur un grand nombre de graines oléagineuses des régions intertropicales, et il y a trouvé des quantités d'huile souvent fort élevées. Il y a certainement dans l'exploitation de ces richesses naturelles un vaste champ à parcourir pour l'agriculture de ces régions, ainsi que pour l'industrie et l'agriculture des pays tempérés.

De mon côté j'ai aussi commencé des recherches dans cette voie utile, et depuis longtemps, car mes premiers essais sur le pouvoir fertilisant des tourteaux d'arachides datent de 1855. Depuis, j'ai profité de toutes les occasions que j'ai pu rencontrer pour me procurer d'autres graines oléagineuses d'origine exotique. Il y a quelques mois, on m'a offert des *noix de Bancoul*, récemment arrivées d'une de nos colonies. Dans l'espoir de recueillir des observations utiles à la science, et peut-être au commerce, à l'industrie, à l'agriculture, je me suis donné la satisfaction de les soumettre à une étude chimique approfondie.

La noix de Bancoul est la graine d'un arbre de la famille des Euphorbiacées que l'on désigne plus particulièrement sous le nom d'*Aleurites triloba* ou *Ambinux*. On en connaît deux ou trois espèces répandues dans les îles Moluques, à Ceylan, dans les îles du Pacifique. On trouve ces noix à profusion dans les forêts des îles Moluques, de la

Cochinchine, de la Nouvelle-Calédonie, de Taïti, etc., où, dans certains endroits, elles couvrent le sol comme des glands de chênes dans nos forêts. Il suffit donc de les ramasser, mais il paraît que cette opération, simple en apparence, est assez coûteuse. (Note 1.)

Par son abondance, cette graine oléagineuse pourrait devenir peut-être l'objet d'un commerce d'importation qui offrirait à nos navires un élément de fret, à nos usines une nouvelle et précieuse matière première.

Les noix d'*Aleurites* dont je vais donner l'analyse ont été recueillies dans l'île de Taïti, d'où elles ont été transportées en France par un navire de l'État. M. le ministre de la marine en a distribué chez plusieurs fabricants d'huile pour les expérimenter dans leurs usines. C'est à l'obligeance de l'un d'eux, M. Ed. Nay, à Saint-Denis (Seine), que je suis redevable des échantillons sur lesquels j'ai opéré, ainsi que des renseignements intéressants que je transcrirai à la fin de ce mémoire.

La noix de Bancoul est composée d'un testa ligneux, très-dur et compact, renfermant une amande blanche, huileuse, ayant une saveur assez agréable. Ainsi que tous les fruits de la famille des Euphorbiacées, cette amande est purgative, mais elle n'est pas vénéneuse, si, comme le prétendent certains auteurs, les naturels des îles de la mer du Sud en mangent. (Note 2.)

Le testa étant dépourvu probablement de toute utilité (c'est au moins ce qu'on peut supposer actuellement), il importait d'abord de connaître quel rapport existe entre l'amande et cette enveloppe ligneuse.

Voici les résultats de cette première détermination :

50 noix, prises au hasard, ont pesé ensemble	569gr.40
Les amandes seules.	186 .70
Les testas.	382 .70

Ce rapport est donc, en centièmes :

Amandes.	32.80
Testas.	67.20
	100.00

Conséquemment cette graine ne renferme, à peu près, que le tiers de son poids d'amande, c'est-à-dire de substance utile. Je discuterai plus loin les conséquences qui en résultent.

Ce premier essai étant effectué, j'ai séparé une certaine quantité

d'amandes de leurs enveloppes et j'en ai dosé avec soin l'eau, l'huile, l'azote, ainsi que la totalité des matières minérales.

Voici, d'après ces déterminations, quelle est la composition chimique de l'amande de la noix de Bancoul :

Eau	5.000
Huile	62.175 [1]
Substances azotées	22.653
Substances non azotées	6.827
Matières minérales	3.345
	100.000

Cette amande dans son état normal contient :

Azote . . . . 3.624 p. 100.

Cette graine renferme donc plus d'huile que celle de l'arachide, mais elle est moins riche à cet égard que la noix de Para. Cette huile est blanche, limpide. J'en ferai connaître les propriétés.

Les matières azotées sont un peu plus abondantes dans cette amande que dans celle de l'arachide : aussi le tourteau qu'on en retire par expression de l'huile contient-il beaucoup d'azote, ainsi qu'on le verra plus loin.

L'analyse des matières fixes m'a donné les résultats suivants :

Substances solubles dans l'eau.	Potasse		0.577
	Soude		0.000
	Magnésie		0.022
	Chlore		0.000
	Acide sulfurique		0.000
	Acide phosphorique		0.479
			1.078
Substances insolubles dans l'eau.	Magnésie	0.484	
	Chaux	0.437	
	Silice, perte	0.155	
	Acide phosphorique	1.191	2.267
			3.345

Cette amande renferme donc en totalité :

Acide phosphorique . . . . 1.67 p. 100

La composition de ces cendres est remarquable à plusieurs égards, on n'y trouve pas sensiblement de chlorures ni de sulfates. Elles sont riches en potasse, mais la soude n'y figure pas en quantité appréciable, ainsi que je m'en suis assuré directement (2).

(1) M. Cloëz a trouvé dans cette amande à l'état normal :

Huile . . . . 62.12 p. 100.

(2) Voir mon mémoire intitulé : *De la Soude dans les végétaux*. Année 1874.

C'est une nouvelle confirmation des doctrines de M. Eug. Peligot, qui admet avec raison que les plantes ne s'approprient la soude que dans de rares exceptions.

Si l'on groupe les éléments de cette dernière analyse sous forme de combinaisons salines, on obtient les résultats suivants :

	EN CENTIÈMES dans l'amande.	EN CENTIÈMES dans les cendres.
SELS DISSOUS DANS L'EAU.		
Phosphate de potasse	1.017	30.395
Phosphate de magnésie	0.060	1.793
	1.077	32.188
SELS INSOLUBLES DANS L'EAU.		
Phosphate de magnésie	1.328	39.689
Phosphate de chaux	0.762	22.804
Silice, chaux, perte	0.178	5.319
	3.345	100.000

On voit par ces chiffres que les cendres de l'amande de la noix de Bancoul ne sont composées pour ainsi dire que de phosphates solubles et insolubles. Une petite quantité de phosphate de magnésie est entrée en dissolution, probablement à la faveur du phosphate alcalin.

Cette constitution des substances minérales qui existent dans cette amande est digne d'attention. L'absence de chlorures et de sulfates que j'y ai constatée prouve que ces sels ne sont pas absolument nécessaires au développement de l'embryon (1).

Ce n'est pas, du reste, dans cette amande seule qu'on ne trouve pas de chlorures. D'après M. Boussingault, les graines de froment n'en contiennent que des traces. Dans d'autres graines, la quantité en est nulle ou très-faible. Quant aux sulfates, ils dominent ordinairement davantage dans la plupart des semences.

Les phosphates, au contraire, abondent dans le périsperme et la masse embryonnaire de toutes les graines. Nul doute qu'ils ne rem-

(1) On sait que les chlorures alcalins sont volatils à une température élevée; aussi dans la crainte d'affirmer à tort que ces amandes n'en contiennent pas, ai-je eu la précaution de les incinérer lentement, en ne dépassant pas le rouge sombre. Suivant l'habitude que j'ai contractée dans ces opérations, j'ai lessivé la matière charbonneuse avec de l'eau, avant de la brûler complètement.

plissent un rôle essentiel au moment de la germination. Cette observation est ancienne déjà; elle a été faite pour la première fois par Th. de Saussure.

Dans un mémoire où j'ai réuni l'ensemble de mes études sur la migration du phosphore dans les plantes, j'ai démontré que ce corps ne fait pas partie intégrante du tissu végétal. Il s'y emmagasine temporairement; mais aussitôt que les ovules sont fécondés, il quitte ce tissu pour aller se condenser dans les organes destinés à fournir au fœtus végétal la première nourriture dont il aura besoin pour se développer, c'est-à-dire dans le périsperme ou les cotylédons. En d'autres circonstances, il va hiverner dans les bourgeons conjointement avec des substances azotées et carbonées, pour contribuer à un moment donné à l'accomplissement d'une fonction analogue. En général, tous les organismes destinés à transmettre, à perpétuer la vie animale et végétale, en sont pourvus abondamment. Je citerai la liqueur séminale, la laitance des poissons, les globules de la levûre, le pollen des fleurs, les spores des cryptogames, etc.; et ce qui est fort remarquable, c'est que les cendres de tous ces organismes renferment du phosphate de potasse, du phosphate de magnésie, quelquefois de l'acide phosphorique libre.

L'amande de la noix de Bancoul est entourée d'un testa dur et pierreux, dont la matière minérale a une composition toute différente de celle que je viens d'établir. On y trouve au contraire des chlorures, des sulfates, de la chaux en grande quantité et pas sensiblement de phosphates. Cette constitution minérale est celle qu'on rencontre dans toutes les parties des végétaux qui ne jouent qu'un rôle secondaire et qui ne contribuent pas directement à l'acte essentiel de la vie : la reproduction de l'espèce.

Ce testa présente une particularité assez remarquable. Il est recouvert de concrétions blanches de carbonate de chaux. En effet, en jetant la noix entière dans de l'eau acidulée, il se produit un dégagement très-vif d'acide carbonique à sa surface, et le liquide renferme de la chaux en abondance.

Enfin j'ai fait un essai de cet organe pour savoir s'il contient de l'azote. J'en ai trouvé une faible quantité : 0,21 pour 100 du poids normal (1).

(1) On doit à M. Damour l'analyse suivante de ce testa pierreux :

Matière organique	95.62
Matière minérale	4.38
	100.00

Tourteau de l'amande de Bancoul.

Soumises à la pression dans une usine munie d'un outillage perfectionné, les amandes de la noix de Bancoul donnent de 56 à 57 pour 100 d'huile et 40 à 41 pour 100 de tourteau. C'est ce qu'on a constaté dans la fabrique de M. Ed. Nay à Saint-Denis (Seine), à qui je dois les renseignements intéressants qui vont suivre, ainsi que le tourteau dont je vais faire connaître la composition.

Ce tourteau est d'un gris jaunâtre; il est compact, bien pressé, mais sa pâte n'est pas fort homogène, parce qu'elle renferme des débris de testa que l'on n'a pu séparer entièrement. Son goût est amer, assez désagréable. L'échantillon que j'ai soumis à l'analyse a été réduit en poudre fine sous le pilon; celle-ci a été parfaitement mélangée, puis on a prélevé dans la masse une prise d'essai moyenne. Voici les chiffres que j'ai obtenus :

Eau		10.25
Huile		5.50
Substances azotées		47.81
— non azotées		24.04
Acide phosphorique	3.68	12.40
Potasse	1.53	
Magnésie, chaux, acide sulfurique, silice, etc.	7.19	
		100.00

Ce tourteau dans son état normal renferme :

Azote . . . 7.65 p. 100.

D'après cette analyse, le tourteau de l'amande de la noix de Bancoul serait le plus riche en azote de tous les tourteaux connus, soit exotiques, soit indigènes. Ainsi que je l'ai fait observer, il est encore mélangé de fragments de testa. Ces fragments diminuent la richesse du tourteau, puisqu'ils ne renferment qu'une faible quantité d'azote qui certainement serait peu assimilable par les plantes.

Si l'amande de la noix de Bancoul était soumise à la presse après avoir été dépouillée entièrement de son enveloppe, elle donnerait, d'après la composition que je lui ai attribuée, un tourteau qui pourrait contenir jusqu'à 9 pour 100 d'azote et 4 pour 100 d'acide

La matière minérale contient :

Carbonate de chaux	81.25
Carbonate de magnésie	12.76
Protoxyde de manganèse	0.87
Potasse	3.20
Silice	1.74
	100.00

phosphorique. Ce serait un engrais fort riche et complet, puisqu'il s'y trouve aussi de la potasse et de la magnésie.

Ce tourteau serait supérieur, comme matière fertilisante, à celui qui provient des graines d'arachides décortiquées. Dans les meilleures conditions, ce dernier renferme environ 7,30 pour 100 d'azote, rarement davantage, si ce n'est dans des cas exceptionnels.

Ce tourteau serait-il comestible? Cela n'est pas probable. On sait qu'en général les graines de la famille des Euphorbiacées sont purgatives et même vénéneuses, telles sont les graines de ricin, de pignon d'Inde, etc., qui appartiennent à cette famille. D'après l'expérience qui a été tentée avec l'huile et que je signale plus loin, il n'est pas douteux que le tourteau de Bancoul est au moins purgatif. Il ne pourrait donc servir qu'à fertiliser les terres, et, ainsi que je viens de le dire, ce serait un engrais précieux. (Note 3.)

J'ai annoncé précédemment que, d'après M. Ed. Nay, on peut retirer industriellement de l'amande de la noix de Bancoul de 56 à 57 pour 100 d'huile et de 40 à 41 pour 100 de tourteau.

Cette huile n'est pas comestible; elle est purgative, les ouvriers de l'usine de Saint-Denis en ont fait l'expérience à leurs dépens. Pour l'éclairage, elle est supérieure à l'huile de colza, et peut être brûlée sans subir d'épuration. Une simple filtration suffit pour la rendre claire et limpide (1). Des essais ont été faits à ce sujet par les ingénieurs de l'administration des phares, dont les rapports établissent d'une façon indiscutable la supériorité de cette huile pour cet usage. Il paraît aussi qu'elle est très-siccative, et des personnes autorisées prétendent qu'appliquée en couche sur la coque d'un navire, elle préserve celle-ci, pendant longtemps, de toute espèce d'altération. Des expériences intéressantes auraient été faites à cet égard sur des navires de l'État, en Cochinchine.

D'après M. Cloëz, la densité de l'huile de noix de Bancoul est de 0,923 à 15°. On en a remarqué de beaux échantillons à l'exposition de Vienne, où ils avaient été envoyés par la Société agricole de Taïti. (Note 4.)

De ce qui précède il faut conclure que la noix de Bancoul est une

(1) Les Nukahiviens éclairent leurs demeures avec les noix très-huileuses de Bancoul (*Aleurites triloba*), enfilées sur une brochette, ce qui ne leur coûte pas beaucoup de peine.

(M. H. Jouan, capitaine de vaisseau, *les Plantes alimentaires de l'Océanie*).



graine dont l'exploitation pourrait devenir une ressource pour nos colonies, un élément de fret pour la navigation, une matière première pour nos usines. Je viens d'en faire connaître les avantages. Il ne faut pas s'en dissimuler, toutefois, les inconvénients, ni se faire illusion sur les difficultés qu'on devra rencontrer dans la mise en valeur de ce produit naturel.

J'ai démontré précédemment que dans cette noix il n'y a environ que 33 pour 100 d'amande, c'est-à-dire de substance utile. Le reste n'est probablement bon à rien. Il en résulte que si l'on voulait transporter en Europe les noix entières, le fret en serait si onéreux que l'opération deviendrait tout à fait impossible. En effet, admettant un nolis de 100 francs la tonne pour les noix brutes, il monterait nécessairement à 300 francs pour la tonne d'amandes, ou 30 francs les 100 kilog. Il n'y faut pas songer.

Il est donc de toute nécessité, si l'on veut importer des noix de Bancoul en Europe, d'en opérer la décortication sur les lieux de production, et d'expédier ces amandes en sacs, ainsi que cela se fat pour les arachides décortiquées qui viennent de l'Inde ou des parties éloignées de la côte occidentale de l'Afrique. Ces amandes se conserveraient-elles pendant la traversée, c'est ce que l'expérience seule pourra nous apprendre.

Malheureusement, la décortication de cette noix n'est pas facile. Les enveloppes sont si compactes et si dures qu'il faut des machines puissantes pour les concasser. De plus, l'amande adhère fortement à son testa et on ne parvient pas à en détacher tous les fragments. Il faut ensuite opérer un triage minutieux de ceux-ci pour ne pas en laisser dans les amandes. M. Ed. Nay a tenté de faire cette opération au moyen de ses cylindres concasseurs. Ses efforts ont été inutiles. Les instruments ont été détériorés à cause de la dureté excessive des enveloppes. Il a tenté ensuite l'opération au moyen de l'appareil *Toufflin* (concasseur Cars). Cet engin a réduit le tout en farine (bois et amandes), ce qui a rendu l'extraction de l'huile impossible; enfin, voulant absolument avoir à sa disposition une certaine quantité d'amandes pour faire l'essai qui lui était demandé par M. le ministre de la marine, M. Ed. Nay a eu recours au personnel des prisons, qui a concassé les noix au marteau et a opéré le triage des amandes à la main. Cette opération a coûté fort cher et ne serait pas praticable.

Le comité agricole de Taïti a indiqué un procédé qui a été

essayé aussi par M. Ed. Nay. Ce procédé consiste à soumettre les noix à une légère cuisson dans de l'eau bouillante. Par ce moyen le testa s'attendrit, il se brise plus aisément, mais il paraît que l'amande est cuite presque instantanément, malgré l'épaisseur et la dureté de son enveloppe; sa richesse en huile est diminuée, probablement par suite d'une modification que ce corps éprouve sous l'influence de la chaleur.

Cette œuvre de la décortication présente donc mille difficultés. Toutefois, il suffira peut-être de faire connaître l'intérêt qui s'attache à cette question pour exciter l'émulation des mécaniciens. Celui qui parviendrait à construire un appareil simple, peu coûteux, qui pourrait être transporté dans les colonies pour y réaliser le travail désiré, ferait probablement une bonne affaire et rendrait au pays un service signalé.

ADDITIONS

Les notes suivantes sont extraites d'un intéressant ouvrage que M. le docteur G. Cuzent a publié en 1860 sur les productions de l'île de Taïti, dans laquelle il a séjourné en qualité de pharmacien de la marine. La compétence de ce savant n'est pas douteuse et les renseignements qu'il donne seront lus avec intérêt.

NOTE 1.

De l'Aleurites triloba, dans les îles de la Société.

Ambinux de Commerson; *Croton moluccanum* de Linné; *Camiricum* de Rumphius; *Aleurites triloba* de Forster; *Aleurites moluccana*, Willd; *Tutui* à Taïti; *Ama* aux Marquises; *Kukui* aux Sandwich.

Ce végétal est très-répandu aux Marquises, à Taïti, aux îles Gambier, à la Nouvelle-Calédonie et surtout aux îles Sandwich, où il constitue de vastes forêts. Il acquiert de fortes dimensions dans toute l'Océanie, où l'on trouve des arbres qui ont de 12 à 15 mètres de hauteur sur 1m,50 de circonférence. Il n'est l'objet d'aucune culture à cause de sa grande profusion. Il pousse partout, sur les crêtes des montagnes, sur les flancs escarpés et inabordables, dans les ravins profonds, dans de fraîches et fertiles vallées. Il est très-abondant jusqu'à une hauteur de 800 mètres; au delà il devient rare

et disparaît complétement à 1200 mètres. Toutes les îles de l'Océanie regorgent donc de noix d'Aleurites.

NOTE 2.

Les Taïtiens se servent de cette noix pour tatouer. A cet effet, on brûle l'amande et on recueille l'huile mélangée de noir de fumée qui s'en écoule. C'est dans cette simple préparation que les Indiens trempent les petites dents de poisson avec lesquelles ils piquent les parties du corps qu'ils veulent orner.

NOTE 3.

« Les résidus ou tourteaux que l'on obtient après la préparation de l'huile d'*Aleurites* peuvent servir de nourriture aux animaux. Cette expérience a été tentée à Taïti, et nous avons pu remarquer que les volailles et les porcs les mangent avec avidité, surtout lorsqu'on y incorpore quelques fruits sucrés du pays, tels que des goyaves ou des papayes. »

Cette affirmation contredit l'opinion que j'ai émise au sujet du tourteau fabriqué en France. Cependant, comme d'après M. G. Cuzent lui-même (voir la note suivante) l'huile est drastique, c'est-à-dire violemment purgative, il est probable que la quantité qui en reste dans ce tourteau suffirait pour incommoder nos animaux de l'espèce bovine. S'il n'en est pas ainsi à Taïti pour les porcs et les volailles, c'est peut-être que l'addition des fruits sucrés neutralise les propriétés nuisibles de la matière huileuse.

NOTE 4.

Les noix de Bancoul sont utilisées pour l'éclairage à Noukahiva, aux îles Gambier et dans plusieurs autres îles de l'Océanie. *A la Nouvelle-Calédonie elles sont sans usage.*

On prépare d'assez fortes quantités d'huile d'Aleurites aux îles Sandwich, où on la désigne sous le nom d'huile de kukui. Ces îles en exportent annuellement 10 000 barils qui vont à Callao, Valparaiso, Acapulco, New-York, la Californie, etc.

A Taïti, cette fabrication n'a pas pris encore une grande extension. Le manque de bras et le prix énorme de la main-d'œuvre ne permettent pas actuellement de se livrer à cette fructueuse exploitation.

Cette huile a de nombreuses et utiles applications.

Elle peut être employée en peinture comme huile siccative : après avoir été bouillie, elle sèche complétement au bout de six heures.

Dans la fabrication du savon, elle remplacerait avec avantage l'huile de coco qui sert actuellement à cet usage.

Bien préparée, cette huile forme un très-bon produit. Elle est excellente pour l'éclairage et brûle sans répandre une odeur infecte comme l'huile de coco ; elle n'a pas, comme celle-ci, le désavantage de détériorer les lampes; enfin, elle donne une lumière très-vive.

En médecine, elle doit être rangée parmi les purgatifs drastiques.

Enfin, elle mérite à tous égards d'être fabriquée en Océanie et à la Nouvelle-Calédonie.

NOUVELLES
RECHERCHES SUR LA GERMINATION

PAR

M. P.-P. DEHÉRAIN

Professeur à l'École d'agriculture de Grignon.

Dans un travail sur la germination, inséré l'an dernier aux *Annales des sciences naturelles*, *Botanique*, t. XIX, p. 358, dont un court résumé a paru aux *Comptes rendus*, t. LXXVIII, p. 1488, nous avons établi, M. Landrin et moi, que des graines (blé, colza, lin, cresson) mises en germination, absorbent une partie du gaz contenu dans l'espace limité où elles séjournent. Cette absorption porte toujours sur l'oxygène, qui n'est remplacé que par une quantité d'acide carbonique inférieure à celle de l'oxygène disparu, souvent aussi sur l'azote, dont on voit le volume diminuer comme celui de l'oxygène. Parfois cependant, si le volume total du gaz diminue pendant les premiers jours de la germination, la diminution, au lieu de porter à la fois sur l'oxygène et sur l'azote, ne s'observe que

pour le premier de ces deux gaz, le volume de l'azote augmente de quelques centimètres cubes.

Quand les expériences se prolongent et que les graines séjournent dans une atmosphère dépouillée d'oxygène, elles pourrissent et l'azote provient de la décomposition des albuminoïdes, mais nous avons souvent observé, M. Landrin et moi, un dégagement d'azote dans des germinations régulières ne durant que deux ou trois jours et pendant lesquelles les graines ne manifestaient aucun symptôme de décomposition. Comme, d'autre part, tous les physiologistes qui se sont occupés de cette question ont constaté dans les graines, avant et après la germination, la même quantité d'azote combiné, nous avons attribué l'excès d'azote observé dans quelques-unes de nos expériences à du gaz confiné dans les graines qui s'en dégageait en même temps que l'acide carbonique engendré pendant la germination.

Pour reconnaître si, en effet, notre opinion était fondée et s'il existait réellement dans les graines normales une certaine quantité d'azote gazeux, nous avons soumis celles-ci à deux procédés d'analyse différents : en déterminant la quantité d'azote renfermée dans la graine à l'aide de la chaux sodée, nous devions trouver seulement l'azote combiné ; en recherchant, au contraire, ce gaz par le procédé de M. Dumas, c'est-à-dire, en brûlant la matière organique par l'oxyde de cuivre, et en recueillant l'azote à l'état de gaz ; nous devions avoir l'azote total, et si le second nombre était supérieur au premier, nous pouvions en conclure que notre hypothèse était exacte, c'est-à-dire qu'il existait bien une certaine quantité d'azote gazeux confiné dans la graine.

Nous tirions au reste de la diminution de volume des gaz laissés au contact des graines au commencement de la germination une conclusion importante. Si, disions-nous, des gaz se condensent dans la graine au moment où intervient l'humidité, ils ne le peuvent faire qu'à la condition d'abandonner la chaleur latente qui les maintenait à l'état élastique ; une graine qui condense un gaz doit être le siége d'un dégagement de chaleur analogue à celui qu'on observe dans l'expérience classique du briquet à air, analogue encore à celui qui prend naissance quand du gaz ammoniac, chlorhydrique, etc., se condensent dans le charbon, ou l'hydrogène dans la mousse de platine. C'est précisément, d'après nous, la chaleur mise en jeu par la condensation du gaz qui détermine l'attaque des principes immé-

diats par l'oxygène atmosphérique, c'est l'étincelle qui provoque toute la série des métamorphoses qui accompagnent le réveil de la vie dans la graine.

Cette manière de voir, les faits sur lesquels elle s'appuie, ont été absolument révoqués en doute par M. A. Leclerc, préparateur de M. Grandeau à la station agricole de l'Est. Dans une note insérée aux *Comptes rendus*, janvier 1875, puis dans un mémoire publié dans les *Annales de chimie et de physique*, t. IV, p. 232, M. A. Leclerc rapporte les expériences qu'il a exécutées sur l'orge Chevallier et qui l'ont conduit à des conclusions tout à fait différentes de celles que nous avions tirées de notre travail. Avant de répondre à M. A. Leclerc, j'ai voulu répéter les principales expériences que j'avais faites l'an dernier avec M. Landrin (1). J'ai essayé de varier mes procédés de recherche, et c'est le résultat de ces nouvelles investigations que j'exposerai dans ce mémoire, après avoir passé en revue les expériences que le jeune chimiste de Nancy oppose aux nôtres.

§ I.

Observations sur le mémoire de M. A. Leclerc intitulé : *Sur la germination de l'orge Chevallier* (**Comptes rendus, t. LXXX, p. 26**), **et** *Recherches sur la germination* (**Annales de chimie et de physique, t. IV, p. 332**).

Ainsi qu'il a été dit plus haut, dans les expériences sur lesquelles nous avons basé notre théorie de la germination, nous avons employé des graines de plusieurs espèces, notamment de blé, de cresson, de lin, de colza, aussi, ce n'est pas sans quelque étonnement que j'ai vu M. A. Leclerc nous opposer des expériences ne portant que sur une seule espèce de graine, l'orge Chevallier, sur laquelle nous n'avions fait, M. Landrin et moi, aucune observation de germination. Comment, avant de formuler ses critiques, M. Leclerc n'a-t-il pas songé à répéter nos expériences sur une des espèces que nous avions employées, sur du blé, du colza, du lin ou du cresson? M. Leclerc a sans doute jugé la chose indifférente; mais il a remarqué cependant que l'orge n'était pas tout à fait comparable

(1) Mon ami M. E. Landrin a quitté le laboratoire de culture du Muséum depuis le printemps de 1874. J'ai donc dû reprendre ces recherches ans sa collaboration; j'ai eu beaucoup à me louer, pendant la durée de ce travail, de l'aide que m'a prêtée un autre de mes élèves, M. H. Moissan.

aux graines sur lesquelles nous avions opéré. Les balles qui l'accompagnent ont, en effet, une influence qui a échappé à M. A. Leclerc, et cela est d'autant plus regrettable que s'il se fût donné la peine de répéter nos expériences, il aurait sans doute trouvé des résultats semblables aux nôtres, comme en opérant sur l'orge nous avons trouvé *parfois* des résultats semblables aux siens, mais qui sont dus à des causes perturbatrices, comme nous le montrerons plus loin.

Avant de révoquer en doute nos nombreuses expériences, M. A. Leclerc aurait peut-être fait sagement aussi, de procéder à plus de trois séries d'essais, et de ne pas les exécuter exclusivement pendant les mois les plus chauds de l'année, où les résultats sont souvent divergents.

Après avoir fait ces réserves, examinons les expériences de M. A. Leclerc. La méthode qu'il a employée est analogue à celle que nous avions employée nous-mêmes après bien d'autres observateurs, et notamment après Th. de Saussure, elle consiste à placer les graines dans une atmosphère limitée et à observer les modifications que le séjour des graines apporte à son volume et à sa composition. Son premier essai a duré du 25 juin au 2 juillet; il a trouvé que le volume des gaz maintenus au contact des graines avait constamment augmenté. C'est là un résultat complétement différent de ceux qu'on observe avec des graines dépourvues de balles, et qui au reste est loin d'être constant, car dans les expériences suivantes, M. Leclerc observe souvent aussi une diminution de volume; à quoi est due cette augmentation, il est impossible de le savoir exactement, M. Leclerc, qui nous accuse de négligence, n'ayant donné dans cette expérience ni le poids des graines employées, ni l'analyse des gaz qui pourraient seuls indiquer les modifications que le séjour des graines a déterminées dans la composition de l'atmosphère dans laquelle elles ont été placées. Il n'est pas nécessaire, au reste, d'insister sur cette première expérience, M. A. Leclerc ayant déclaré que « les graines ne présentent aucun germe », il est clair qu'on ne peut compter cette observation comme ayant trait à la germination.

Les deux séries d'expériences suivantes ont duré pendant assez longtemps. Les gaz sont maintenus au contact des graines pendant 12 heures dans un appareil assez compliqué, dont M. Leclerc paraît très-satisfait, et qu'il a construit pour éviter le contact immédiat des graines avec le mercure qui lui paraît avoir une influence fâcheuse sur la germination; le matin à 7 heures, l'auteur mesure les gaz

sur lesquels les graines ont agi pendant la nuit, il en prélève un échantillon et en fait l'analyse; puis il remplace l'atmosphère des graines par de l'air pur qu'il enlève à 7 heures du soir et ainsi de suite, de telle sorte que les mêmes graines restent en expérience pendant plusieurs jours, mais que l'atmosphère est renouvelée toutes les 12 heures.

Dans sa première observation, qui a duré du 1er juillet au matin jusqu'à ce même jour à 7 heures du soir, M. Leclerc trouve une légère augmentation de volume qui est due à un dégagement d'acide carbonique supérieur à celui de l'oxygène disparu; c'est là, je le répète, un fait que je n'ai jamais constaté que pour l'orge; quant à l'azote, il a légèrement diminué. Il importe d'insister sur ce point: en effet, pour nous convaincre d'erreur, pour nous montrer que le phénomène de *l'occlusion* des gaz dans les graines n'a pas lieu, M. Leclerc considère surtout les changements de volume de l'azote, la diminution de volume de l'oxygène pouvant être dû à la fixation de ce gaz sur un des hydrates de carbone, et à la formation d'un produit fixe, et non à une véritable occlusion; nous avions indiqué nous-mêmes, dans notre premier mémoire, qu'il en est souvent ainsi dans les graines qui, comme le lin, renferment une huile siccative. Suivons donc M. Leclerc sur le terrain où il place les débats, et voyons si dans ses propres expériences, l'absorption d'azote qui donne sa première expérience est fortuite et ne se renouvelle pas.

La seconde expérience a été terminée le matin; nous reproduirons les nombres trouvés le 2 juillet à 7 heures du matin.

	Gaz avant l'expérience.	Gaz après l'expérience.	Différence.
Volume total......	70,40	69,08	— 1cc,32
Oxygène.........	14, 7	5, 8	— 8cc, 9
Acide carbonique..	0, 0	8, 3	+ 8cc, 3
Azote............	55, 6	54, 9	— 0cc, 7

N'est-il pas clair que dans cette expérience M. A. Leclerc a trouvé tous les résultats que nous avons annoncés : diminution de volume du gaz portant à la fois sur l'oxygène et sur l'azote?

L'expérience du 6 juillet donna une légère augmentation de volume puisque 70cc,17 sont devenus 70cc,58. Mais les 55cc,5 d'azote du commencement sont devenus 54cc,7, c'est-à-dire que 0cc,8 ont disparu : elle est donc encore contraire aux conclusions de notre jeune contradicteur.

A la fin de ces essais, quand les graines ont séjourné pendant

6 jours dans l'appareil, elles sont partiellement pourries, le volume du gaz augmente, et cette augmentation est due à la fois à de l'acide carbonique et à de l'azote. Nous avons donné, dans notre premier mémoire, de nombreux exemples de décompositions semblables, et nous n'avons rien à changer à nos conclusions; les expériences de M. A. Leclerc ajoutent seulement quelques faits à ceux que nous avons déjà observés, nous n'avons donc pas à nous y arrêter.

Nous donnerons, au contraire, dans tous ses détails l'expérience commencée sur de nouvelles graines le 30 juillet à 7 heures du matin et terminée le même jour à 7 heures du soir.

	Gaz avant l'expérience.	Gaz après l'expérience.	Différence.
Volume total......	67,6	64,4	— 3,2
Oxygène.........	14,2	2,2	— 12,0
Acide carbonique..	0,0	9,7	+ 9,7
Azote............	53,4	52,5	— 0,9

Comment M. Leclerc explique-t-il ces résultats? Ne sont-ils pas conformes à ceux que nous avons annoncés, M. Landrin et moi. Le volume du gaz n'a-t-il pas diminué? Cette diminution n'a-t-elle pas porté aussi bien sur l'oxygène que sur l'azote?

M. Leclerc dira-t-il que ce sont là des erreurs de dosage? Mais si dans des expériences aussi simples il ne peut pas répondre d'un centimètre cube de gaz, son travail n'a aucune valeur, puisqu'il s'agit précisément de mesurer ces faibles quantités. M. A. Leclerc dira-t-il que trois expériences sur les vingt qu'il a publiées n'ont pas d'importance; qu'il faut considérer l'ensemble et non un cas particulier? Je lui répondrai que les dernières expériences de ses séries sont hors de cause, puisqu'il est certain, de son aveu même, que les graines ont commencé à se décomposer, et par suite que tous les phénomènes de germination sont masqués. C'est donc environ un tiers ou un quart des expériences régulières qui montrent l'absorption de l'azote; par suite M. Leclerc ayant observé lui-même la pénétration de l'oxygène et de l'azote dans les graines, n'a aucun droit de conclure que le *phénomène* de l'*occlusion n'a pas lieu*.

M. A. Leclerc a voulu fortifier les résultats précédents, qui sont si peu favorables à la thèse qu'il soutient, par des analyses élémentaires qui, nous allons le voir, vont directement à l'encontre de ce qu'il veut démontrer.

Le jeune chimiste de Nancy a compté les graines qu'il a fait sé-

journer dans son appareil, et il a analysé un lot semblable à celui qu'il a mis en expérience; il croit savoir la quantité d'azote que ces graines renferment; il *suppose*, d'après l'analyse de graines *semblables* que la teneur en azote était de 47^{m},58 d'azote; les graines mises en expérience analysées après leur séjour dans l'appareil, renferment 45 millig. 93 d'azote; il y a donc eu une perte de 1 millig. 65 d'azote provenant de la décomposition des albuminoïdes; cette quantité de gaz azote occupe 1^{cc},4, admettons tous ces chiffres; il est donc entendu que les graines qui se sont décomposées ont perdu 1^{cc},4; mais si nous faisons la somme de tout le gaz azote, dégagé pendant la durée des expériences, nous trouvons qu'elle a été de 3^{cc},8; qu'est donc devenue cette différence de 2^{cc},4 entre le gaz dont on a constaté le dégagement dans les mesures de volume, et la perte reconnue par l'analyse? Ces 2^{cc},4 ont été absorbés par les graines, car si, dans quelques-unes des expériences de M. Leclerc, il y a eu augmentation du volume d'azote, dans d'autres, ainsi que nous l'avons vu plus haut, il y a eu diminution. M. Leclerc, en inscrivant en bloc le résultat de toutes les expériences, en soustrayant du gaz dégagé celui qui a été absorbé, évite de mettre en lumière le fait qui le condamne, à savoir que les gaz pénètrent dans les graines, en sortent, en un mot, que, contrairement à son affirmation tranchante, le phénomène de l'occlusion a lieu, mais il ne peut nier cependant ses propres chiffres qui se résument ainsi :

Azote dégagé par les graines pendant la durée des expériences. . .	3^{cc},8
Azote perdu par les graines par décomposition des albuminoïdes . .	1^{cc},4
DIFFÉRENCE.	2^{cc},4
Azote absorbé par les graines pendant la durée des expériences. . .	2^{cc},4

J'imagine que si le jeune chimiste de Nancy n'avait eu à faire valoir contre nous que les expériences que nous venons de signaler, il se serait abstenu; mais il a soumis notre manière de voir à une nouvelle série d'essais qui lui a été défavorable. M. Leclerc détermine la quantité d'azote contenue dans les graines d'orge, et il trouve des nombres très-variables, ainsi qu'on en jugera par les chiffres suivants :

Azote dans 100 gr. d'orge.
2,90
2,84
2,82
2,72

Quand l'azote a été dosé en volumes; quand il a été dosé à l'état d'ammoniaque, il obtient les nombres ci-après :

2,65
2,49
2,35
2,20
1,76
1,09

M. Leclerc attribue ces énormes différences aux poids différents que présentent les graines; il ne lui vient pas à l'esprit que le mode d'analyse soit pour quelque chose dans ces résultats qui s'accordent complétement avec ceux que nous avons publiés; puisqu'il trouve en moyenne, pour le dosage, à l'état de gaz, 2,82, tandis que nous avions donné 2,88; il trouve, il est vrai, un nombre plus fort que le nôtre en faisant le dosage à l'état d'ammoniaque; mais notre dosage se place encore au milieu des siens, et sa moyenne 2,09 est, comme on le voit, au-dessous du premier nombre de plus d'un quart, de telle sorte, qu'en s'appuyant sur ses propres chiffres, M. A. Leclerc devrait conclure comme nous, qu'il existe du gaz azote confiné dans les graines. La diversité de composition des graines ne l'arrête pas dans le mode d'expérimentation dont nous avions donné un exemple dans notre mémoire, mais que nous avons bientôt abandonné par les raisons que nous développerons plus loin. M. Leclerc met des graines en germination à l'air libre dans de bonnes conditions, il sait leur poids; il a analysé un lot de graines semblables, elles *doivent* renfermer 2,045 d'azote; après quelques jours, il prend un lot des mêmes graines germées; à l'analyse, elles renferment 1,79 d'azote; un autre encore, quelques jours plus tard, elles renferment 1,79; enfin un dernier lot lui donne 1,83 d'azote °/ₒ. La quantité d'azote que renfermaient les graines n'a pas augmenté, donc l'occlusion n'a pas lieu; il est vrai que les graines, avant d'être analysées, ont été desséchées et broyées, et que par suite, si des gaz y étaient entrés, ils devraient avoir été chassés par ces manipulations. Elles inspirent au reste quelques scrupules à M. A. Leclerc qui recommence son expérience sur d'autres graines, mais en prenant soin, cette fois, avant d'analyser ses graines, de ne les pas broyer. Un premier dosage y accuse 2,90 pour 100 d'azote, un second 2,65. La moyenne est donc de 2,78; les graines sont un peu plus lourdes, puisque 100 graines pèsent 5 grammes, tandis que les précédentes ne pesaient que 4^{gr},886; mais est-il possible

que cette minime différence de poids fasse augmenter dans les premières la quantité d'azote de près d'un tiers, puisque la moyenne est 2,78 au lieu de 2,045? Cette énorme différence aurait certainement frappé un observateur moins prévenu, et il se serait peut-être demandé si, en effet, la pulvérisation et la dessiccation auxquelles avaient été soumises les graines de la première expérience, n'avaient pas eu pour effet de chasser l'azote gazeux qui y est contenu. M. A. Leclerc, malgré sa prétention à l'exactitude, ne s'arrête pas à ces détails; il met en germination ses graines renfermant 2,78 d'azote, puis cherche leur richesse en azote après quelques jours, et trouve les nombres suivants :

Après 24 heures de germination	2,90
Après 30 heures	2,72
Après 48 heures	2,82 2,84

Si nous faisons la moyenne de l'azote contenu dans les graines après la germination, nous trouvons 2,82, c'est-à-dire que la quantité d'azote, qui était primitivement de 2,78, est devenue 2,82, elle a augmenté de 40 milligrammes pour 100 grammes ou de 4 milligrammes pour 10 grammes, c'est-à-dire de $3^{cc},3$; si donc on admettait ces expériences comme exactes, on arriverait à une conclusion diamétralement opposée à la précédente, et on conclurait que le volume de l'azote étant supérieur dans les graines germées à ce qu'il était dans les graines normales, le phénomène de l'occlusion a lieu, et qu'il est démontré par les expériences mêmes qu'on invoque contre lui.

Ce n'est pas toutefois avec des nombres pareils que nous voulons établir le fait contesté, car ces chiffres, au lieu d'être favorables à notre manière de voir, leur eussent été contraires qu'ils ne nous auraient pas ébranlé. Comment M. Leclerc n'a-t-il pas vu, en effet, que 3 ou 4 grammes de graines se chargeant, dans nos expériences les mieux réussies, de 3^{cc} ou 4^{cc} de gaz azote, il était impossible de chercher cette augmentation par l'analyse élémentaire qui porte seulement sur 1 gramme, et par conséquent dans laquelle il faudrait répondre de 1^{cc} de gaz, et cela quand on trouve entre deux lots de graines choisies avec le plus grand soin des différences de 2,90 à 2,65 pour 100 grammes, c'est-à-dire de 2 millig. 50 pour 1 gramme, c'est-à-dire de 2^{cc} de gaz azote, quantité double de celle qu'il faut mesurer?

Comment, M. Leclerc trouve ce fait intéressant que la composition de l'orge est extrêmement variable, et cette variation ne l'arrête pas quand il s'agit d'apprécier les faibles quantités d'azote confiné qu'il faut saisir pour vérifier le phénomène que nous avons annoncé! M. Leclerc trouve que dans des graines normales non pulvérisées, non séchées, il y a un tiers d'azote gazeux de plus que dans les graines non pulvérisées, et il nie que ces graines renferment des gaz! Les expériences de M. A. Leclerc sont donc loin de détruire la théorie de la germination que nous avons proposée, elles lui sont plutôt favorables. Cependant, malgré les erreurs qu'il est si facile de relever dans ce mémoire, nous n'avons voulu y répondre qu'après avoir repris les expériences que nous avions faites l'an dernier. C'est le résultat de ces nouvelles recherches qu'il nous reste à exposer.

§ II.

Vérification des expériences de 1873 et de 1874.

Le mode d'expérimentation que nous avions adopté, M. Landrin et moi, est d'une telle simplicité que je n'ai pas voulu y renoncer; il permet de multiplier les expériences, ce qui, en physiologie, où tant de causes secondaires viennent masquer les phénomènes importants est une puissante garantie de succès.

Je donnerai d'abord dans le tableau n° 1 les résultats qui confirment complétement ceux que nous avions obtenus l'an dernier.

La lecture du tableau est assez simple pour ne pas nécessiter d'explication. Je dirai seulement que les gaz ont été mesurés sur l'eau, dans de grands tubes de 100 centimètres cubes, ayant une hauteur de plus d'un mètre, de telle sorte que les lectures sont faciles, elles ont toujours été faites simultanément par M. H. Moissan et par moi, les erreurs sont donc peu probables; enfin il est entendu que tous les nombres sont ramenés à 0 et à 760. On n'a pas fait d'analyse eudiométrique, on a admis que le gaz qui restait après l'absorption de l'oxygène et de l'acide carbonique était de l'azote; au reste nous avons vu, dans notre premier travail, que l'hydrogène n'apparaît que lorsque les graines séjournent pendant un temps assez prolongé dans une atmosphère dépouillée d'oxygène.

On remarquera certainement que dans toutes les expériences qui

TABLEAU I. — MODIFICATIONS QUE LES GRAINES FONT SUBIR A L'ATMOSPHÈRE DANS LAQUELLE ELLES SÉJOURNENT.

NUMÉROS des EXPÉRIENCES.	ESPÈCES des graines employées.	DURÉE de l'expérience.	GAZ AVANT L'EXPÉRIENCE. Volume total.	Oxygène.	Azote.	GAZ APRÈS L'EXPÉRIENCE Volume total.	Oxygène.	Ac. Carb.	Azote.	OXYGÈNE absorbé.	AZOTE absorbé — dégagé +	OBSERVATIONS.
1	Orge......	4 jours....	188.10	39.44	148.66	184.47	31.87	5.20	147.40	7.57	— 1.26	
2	Orge......	4 jours....	188.40	39.50	148.90	183.90	33.30	8.10	148.50	6.20	— 0.40	
3	Orge......	12 heures...	186.50	39.10	147.40	187.35	38.41	1.87	147.07	0.69	— 0.33	
4	Lin.......	5 jours.....	190.70	39.98	150.72	178.98	10.77	21.01	147.20	29.21	— 3.52	
5	Blé.......	4 jours....	188.40	39.50	148.90	180.40	22.68	11.11	146.61	16.82	— 2.29	
6	Blé.......	3 jours....	188.96	39.52	149.44	186.70	35.22	2.64	148.84	4.30	— 0.60	
7	Blé.......	6 jours....	189.72	39.77	149.95	174.79	6.58	21.51	146.70	33.19	— 3.25	
8	Blé.......	6 jours....	188.40	39.50	148.90	177.16	20.11	9.04	148.01	19.39	— 0.89	
9	Cresson...	24 heures...	126.40	26.59	99.81	115.20	18.60	1.90	94.70	7.99	— 5.11	
10	Cresson...	24 heures...	119.94	25.10	94.84	117.80	20.00	3.40	94.40	5.10	— 0.44	

TABLEAU II.

NUMÉROS des EXPÉRIENCES.	ESPÈCES des graines employées.	DURÉE de l'expérience.	GAZ AVANT L'EXPÉRIENCE. Volume total.	Oxygène.	Azote.	GAZ APRÈS L'EXPÉRIENCE Volume total.	Oxygène.	Ac. Carb.	Azote.	OXYGÈNE absorbé.	AZOTE absorbé — dégagé +	OBSERVATIONS.
11	Orge.....	13 jours....	186.45	39.10	147.35	183.76	34.80	9.09	149.87	4.30	+ 2.52	
12	Orge.....	3 jours....	186.45	39.10	147.35	188.95	31.72	7.92	149.31	7.38	+ 1.96	
13	Lin.......	4 jours....	187.80	39.37	148.43	184.35	24.57	10.08	149.70	14.80	+ 1.27	
14	Blé.......	4 jours....	188.77	39.49	149.28	183.11	8.94	23.44	150.73	30.55	+ 1.45	
15	Lin.......	8 jours....	183.78	38.53	145.25	179.20	19.51	10.97	148.72	19.02	+ 3.47	
16	Blé.......	3 jours....	178.30	37.39	140.91	177.90	33.07	1.53	143.30	4.32	+ 2.39	30 grains tous germés.
17	Blé.......	3 jours....	187.21	39.26	147.95	187.27	34.54	2.30	150.43	4.72	+ 2.48	id.
18	Blé.......	3 jours....	187.03	39.21	147.82	187.36	34.35	3.12	149.89	4.86	+ 2.07	id.
19	Blé.......	5 jours....	187.59	39.33	148.26	185.48	24.10	8.83	152.55	15.23	+ 4.29	id.
20	Blé.......	4 jours....	185.09	39.00	146.09	178.75	15.53	13.31	149.91	23.47	+ 3.82	Tué par l'ébullition.
21	Blé.......	9 jours....	175.48	36.80	138.68	188.96	»	32.46	156.50	36.80	+17.82	id.

ont eu lieu sur des graines nues, le volume du gaz a diminué; il n'en a été autrement que dans deux expériences sur trois qui ont porté sur l'orge.

A quoi sont dus ces résultats divergents des expériences 2 et 3? Dans l'expérience 2, nous voyons que le volume final dépasse le volume initial de $1^{cc},50$; l'oxygène a diminué, l'azote a diminué; mais il s'est dégagé un volume d'acide carbonique supérieur à celui de l'oxygène disparu. C'est un résultat tout à fait analogue à celui qu'a donné M. Leclerc dans son expérience du 1er juillet, commencée le matin et terminée le soir.

Le même fait s'observe encore dans l'expérience 12 du tableau II : pour $7^{cc},38$ d'oxygène disparu, il a apparu $7^{cc},92$ d'acide carbonique; la quantité d'azote est un peu plus forte à la fin de l'expérience qu'au commencement; en revanche, dans les expériences 1, 11, qui ont également porté sur l'orge, nous retrouvons, comme pour les autres graines que le volume d'oxygène absorbé est plus grand que le volume d'acide carbonique produit; et comme ce résultat se rencontre dans toutes les autres graines, il y a dans les expériences 2 et 3 un fait accidentel, qui tient certainement à la présence des balles. Cependant toutes les graines pourvues de balles ne fournissent pas de résultats semblables, ainsi, quelques expériences exécutées sur l'épeautre, et que nous n'avons pas insérées dans ce mémoire pour ne pas lui donner de dimensions exagérées, ont donné des résultats semblables à ceux que nous ont fournis les expériences 1 et 11. Or, si on se rappelle qu'il suffit de laisser des graines d'orge mouillées à l'abri de l'air pour voir se dégager des quantités notables d'acide carbonique, on admettra peut-être qu'il faut attribuer ce dégagement à un commencement de fermentation. Je ne donne au reste cette idée que sous toute réserve; mais, je le répète, l'irrégularité des résultats obtenus en expérimentant sur l'orge montre combien il est dangereux, dans des expériences de cette nature, de vouloir généraliser.

§ III.

Germinations régulières avec dégagement d'azote.

Ainsi qu'il a été déjà dit, quand on met des graines en germination, on trouve souvent que si le volume du gaz diminue, si cette diminution porte toujours sur l'oxygène, elle est parfois partiellement compensée par l'augmentation de volume de l'azote.

C'est ce qui ressort des expériences réunies dans le tableau II.

Nous avions déjà observé ce dégagement dans notre premier mémoire, et nous l'avons attribué à une certaine quantité de gaz confiné dans les graines, gaz susceptible de se dégager au commencement de la germination, au moment où il est sans doute expulsé par l'oxygène qui pénètre dans la graine.

M. A. Leclerc, au contraire, attribue ce gaz à la décomposition des albuminoïdes, qui accompagne la pourriture des graines.

Pour reconnaître quelle est celle de ces deux interprétations qui est exacte, nous avons eu soin de mettre fin aux expériences du tableau n° II, quand il restait encore une quantité notable d'oxygène dans l'atmosphère ambiante. On remarquera que les dégagements d'azote ne sont nullement en raison de la durée de l'expérience ni de l'énergie de la combustion : ainsi dans l'expérience 16, qui a porté sur du blé, il y a eu $23^{cc},44$ d'acide carbonique formé, et seulement $1^{cc},22$ d'azote dégagé, tandis que dans l'expérience 18, qui n'a duré que trois jours, dans laquelle tous les grains étaient germés, il ne s'était formé qu'une quantité extrêmement faible d'acide carbonique, il y avait eu $2^{cc},07$ d'azote dégagé. Dans l'expérience 21, il y a eu 3,97 d'azote dégagé et seulement $8^{gr},83$ d'acide carbonique formé; il serait donc bien étrange qu'une combustion si peu énergique ait produit une si grande quantité d'azote.

Il y avait au reste une méthode bien simple à employer pour rechercher si la décomposition des albuminoïdes intervient dans ces dégagements; c'était de placer systématiquement des graines dans des conditions telles qu'elles dussent se décomposer; c'est ce qu'on a fait dans les deux expériences 20 et 21, où l'on a placé dans l'air, du blé tué par l'ébullition dans l'eau : on remarquera que dans l'expérience 21, qui a duré quatre jours, il ne s'est dégagé qu'une quantité d'azote très-faible, analogue à celle qu'on a trouvée dans les autres expériences où les graines étaient parfaitement vivantes; quand, au contraire, l'expérience a été prolongée pendant neuf jours, expérience n° 23, on a trouvé une quantité d'azote dégagée considérable; ainsi ce n'est en réalité qu'en prolongeant les expériences beaucoup plus longtemps que nous ne le faisons d'ordinaire, que des graines *mortes* commencent à se décomposer et à donner des quantités sensibles d'azote libre. Ajoutons que ces expériences ont été exécutées au mois de mars, à une température où les phénomènes de décomposition ne se développent qu'assez

lentement; en été, il est très-possible qu'on eut obtenu plus rapidement la décomposition des albuminoïdes dans les graines mortes.

Il est donc tout à fait invraisemblable que les quelques graines qui pourrissent, sans qu'on puisse le constater dans les expériences qui portent sur de petites graines comme le colza, le cresson ou le lin, soient la cause du dégagement d'azote qu'on observe si souvent.

Il a déjà été dit plus haut que les expériences 16, 17, 18, 19, ont porté sur des grains de blé; ces expériences ont été de courte durée et *tous* les grains étaient germés. Les expériences dans lesquelles quelques grains étaient douteux ont été rejetées, elles ne figurent pas au tableau; on remarquera cependant qu'on a observé des dégagements d'azote tout à fait analogues à celui qu'ont donné les graines tuées dans l'expérience 22; il ne semble donc pas qu'il y ait eu intervention dans l'une ou l'autre de ces expériences de la décomposition des albuminoïdes.

Pour appuyer encore ces résultats, j'ai entrepris une autre série d'expériences sur des graines d'assez grandes dimensions pour qu'il fût facile de suivre leur germination; elles ont porté sur des haricots et sont résumées au tableau n° III.

Ainsi qu'il a été dit plus haut, les erreurs que l'on peut commettre dans ces sortes d'analyse ne dépassent pas quelques dixièmes de centimètre cube; par conséquent nous pouvons affirmer que la germination des haricots, dans l'expérience 24, a été accompagnée d'une diminution dans le volume de l'azote; que la germination dans l'expérience 30 a été accompagnée au contraire d'une augmentation; l'expérience 31, qui a porté sur du maïs, a enfin donné une absorption.

M. A. Leclerc a donc eu tort de restreindre la question de l'occlusion des gaz au commencement de la germination à une absorption d'azote; l'absorption d'oxygène peut être accompagnée d'une absorption d'azote, mais aussi d'un dégagement d'azote qui est probablement déplacé par l'oxygène qui pénètre dans la graine.

Il est clair toutefois que pour que cette interprétation soit exacte, il faut démontrer qu'il existe des gaz dans les graines, et que celui qu'on voit se dégager dans les expériences précédentes provient non pas de la décomposition des graines, cette hypothèse admise par M. A. Leclerc n'est plus soutenable, mais d'une oxydation régulière des albuminoïdes mettant en liberté l'azote gazeux, en même temps qu'il se produit de l'acide carbonique. Pour reprendre cette der-

TABLEAU III. — MODIFICATIONS QUE LES GRAINES FONT SUBIR A L'ATMOSPHÈRE DANS LAQUELLE ELLES SÉJOURNENT.

Toutes les expériences ont porté sur des haricots, moins 30 qui ont porté sur du maïs.

NUMÉROS des EXPÉRIENCES	DURÉE de l'expérience.	GAZ AVANT L'EXPÉRIENCE.			GAZ APRÈS L'EXPÉRIENCE.				OXYGÈNE	AZOTE dégagé + absorbé —	OBSERVATIONS.
		Volume total.	Oxygène.	Azote.	Volume total.	Oxygène.	A. Carb.	Azote.	absorbé.		
22	5 jours.............	182.23	37.90	144.33	175.54	20.56	11.07	143.91	17.34	— 0.42	Dans toutes ces expériences, toutes les graines ont germé. Le nombre de haricots a varié de 3 à 5.
23	5 jours.............	183.90	38.25	145.65	178.80	22.35	12.63	143.82	15.90	— 1.83	
24	5 jours.............	183.62	38.18	145.44	180.11	20.56	13.75	145.80	17.52	+ 0.36	
25	5 jours.............	181.59	37.77	143.82	178.34	24.33	9.72	144.29	13.44	+ 0.47	
26	7 jours.............	183.53	38.17	145.36	174.93	12.18	18.25	144.50	25.99	— 0.86	
27	7 jours.............	182.79	38.02	144.77	182.09	24.36	12.89	144.84	13.66	+ 0.07	
28	3 jours.............	185.61	38.52	147.09	178.75	18.95	11.90	147.90	19.57	+ 0.81	
29	4 jours.............	184.02	38.27	145.75	181.63	15.13	17.97	148.53	23.14	+ 2.78	
30	7 jours.............	180.57	37.56	143.01	178.04	28.42	7.52	142.10	9.14	— 0.91	Maïs.

nière question, il restait à démontrer dans les graines l'existence des gaz.

IV.

Recherches des gaz contenus dans les graines avant et après la germination.

Dans nos premières recherches, nous avons essayé de résoudre cette question, M. Landrin et moi, en déterminant dans un lot de graines l'azote total par la méthode de M. Dumas, c'est-à-dire en brûlant la graine et en recueillant l'azote gazeux, puis en cherchant dans un lot de graines aussi semblable que possible au précédent, l'azote combiné par la chaux sodée; la différence devait nous donner l'azote gazeux. M. A. Leclerc, qui critique cette manière d'opérer, n'a rien trouvé de mieux à faire que de l'employer en substituant la méthode de dosage de M. Schlœsing à celle de M. Dumas; la critique qu'il fait de notre mode de recherche porte sur les méthodes d'analyse qu'il condamne absolument dans sa note aux *Comptes rendus*, mais qui trouvent grâce devant lui dans son mémoire des *Annales de chimie et de physique*, depuis que ces méthodes, dues, on le sait, à M. Dumas et à M. Péligot, ont été vérifiés dans un laboratoire allemand! C'est là, on l'accordera, un amour de l'Allemagne poussé un peu loin, et cette subordination de deux illustres chimistes français à un auteur inconnu d'un laboratoire d'outre-Rhin est faite pour étonner.

Cette méthode de recherche ne mérite peut-être pas toute la confiance que nous lui avons accordée, M. Landrin et moi; mais si elle est critiquable en effet, c'est par des raisons toutes différentes de celles qu'indique M. A. Leclerc; quand on fait bien le vide dans le tube, on peut doser l'azote par l'oxyde de cuivre très-exactement, et cette méthode est employée couramment aujourd'hui dans les laboratoires d'analyse les plus scrupuleux; au reste une analyse préalable portant sur une matière connue, nous avait montré que nous opérions régulièrement; les procédés ne sont donc pas en jeu, c'est l'application que nous en avons faite qui laisse à désirer, par cette raison que la composition des graines n'est pas assez constante pour qu'on soit jamais assuré de trouver deux nombres identiques en prenant deux échantillons même avec tout le soin possible, et je reconnaîtrai sans peine que les nombres si varia-

bles obtenus par M. Leclerc dans des graines soumises au même mode d'analyse m'ont fait voir qu'il était impossible d'affirmer, quand on trouvait par la méthode de M. Dumas une quantité d'azote supérieure à celle qu'accusait le dosage par la chaux sodée, que cet excès provenait bien de l'azote confiné dans la graine et n'était pas dû à la différence de composition des deux échantillons analysés.

Les raisons qui nous portent à n'attacher aucune valeur aux comparaisons établies par l'analyse élémentaire, entre la quantité d'azote contenue dans les graines avant et après germination qu'a faites M. Leclerc, me portent aussi à abandonner ce mode de recherche pour en adopter un autre qui n'offre pas les causes d'erreur du précédent. Il est clair que s'il est possible d'extraire les gaz contenus dans les graines sans attaquer les principes immédiats, on aura une certitude que ne donnent pas les méthodes d'analyse; en faisant bouillir les graines avec de l'eau préalablement purgée d'air par l'ébullition, on ne réussit qu'imparfaitement, d'autre part, les premières expériences que nous avions faites à l'aide du vide, MM. Landrin et moi, nous avaient donné des résultats disparates, et nous avions abandonné ce mode de recherches; en opérant sur des haricots, j'ai reconnu cependant qu'il devait être beaucoup plus facile d'extraire les gaz qui y étaient contenus que nous ne l'avions pensé d'abord. En plaçant, en effet, ces graines sous le récipient d'une excellente machine pneumatique de Carré, qui permet presque de faire un vide absolu, on voit le gaz se dégager rapidement du micropyle, en même temps le haricot se ride, l'eau pénètre entre le testa et les cotylédons, et finit par les séparer complétement; en prenant de l'eau bouillie, puis refroidie dans le vide, l'expérience n'est nullement modifiée, et l'on a ainsi la certitude qu'il existe des gaz dans les graines; ce même mode d'expériences donne des résultats analogues sur les autres graines telles que l'orge, le blé, le lin, etc.; toutefois, si ces expériences démontrent l'existence des gaz dans les graines, elles ne permettent pas d'en apprécier la quantité, car les gaz, extrêmement dilatés par le vide, apparaissent en bulles énormes qui, ramenées à la pression ordinaire, diminuent de volume dans une très-grande proportion, et je résolus de chercher à obtenir les gaz ainsi confinés dans la graine, de façon à les mesurer et à les analyser.

Je cherchai d'abord à opérer à l'aide de moyens faciles à mettre en pratique avec les instruments que possèdent habituellement les laboratoires, et je pris des tubes à gaz ordinaires qui furent effilés

à l'une des extrémités, on y fit pénétrer quelques grains de blé ou d'orge, puis on les enfonça dans une cuve profonde semblable à celle qu'on emploie dans les cours de physique pour vérifier la loi de Mariotte, aux pressions plus faibles que la pression atmosphérique; on ajoutait quelques centimètres d'eau bouillie aux graines, puis on enfonçait le tube dans le mercure de la cuve; l'air était d'abord chassé, puis l'eau s'élançait bientôt en jet par la pointe effilée; on donnait alors un coup de chalumeau qui fermait le tube, on l'enlevait à l'aide d'une cuiller en fer, puis on le plaçait dans un vase rempli de mercure; les graines placées dans le vide barométrique laissent dégager une petite quantité de gaz, trop faible cependant pour qu'on puisse obtenir avec certitude sa composition. Cependant une expérience dans laquelle je réunis les gaz dégagés de plusieurs tubes me permit d'extraire de l'orge $2^{cc},2$ de gaz renfermant la moitié de son volume d'acide carbonique, l'autre moitié était formée d'azote.

En laissant l'expérience se continuer pendant vingt-quatre heures, je trouvai le lendemain dans les tubes une quantité de gaz considérable; c'était de l'acide carbonique presque pur, mais il était en telle proportion que j'eus immédiatement l'idée qu'il pouvait provenir d'une réaction interne due à la présence de l'eau; je reconnus, en effet, qu'il suffisait de laisser des graines au contact de l'eau dans une éprouvette pleine de mercure à la pression ordinaire, pour voir se dégager une grande quantité de gaz presque exclusivement composé d'acide carbonique; il était clair par conséquent qu'il ne fallait pas compter obtenir des résultats exacts si on n'opérait rapidement, et je me décidai à avoir recours à la machine de M. Alvergniat.

Cet habile constructeur a, sur ma demande, ajouté à son appareil un tube desséchant rempli de boules de verre imprégnées d'acide sulfurique et un petit tube à boules destiné à recueillir l'eau qui devait être entraînée en même temps que les gaz, quand on soumettait les graines à l'action du vide; les expériences ont toujours eu lieu avec de l'eau bouillie et refroidie dans le vide; elles étaient conduites de la façon suivante :

Les graines bien mouillées étaient introduites dans un petit flacon de 250^{cc} environ, avec de l'eau bouillie; celui-ci était fermé par un bouchon de caoutchouc percé d'un orifice dans lequel s'enfonçait un tube à robinet soudé au tube à boule. En recouvrant le

bouchon d'une plaque de caoutchouc serrée à l'aide de fragments de caouchouc coupés, on obtenait une fermeture excellente capable de garder le vide plusieurs jours.

Quand l'appareil était disposé, on manœuvrait la machine en laissant fermé le robinet qui mettait en relation le flacon avec tout le reste de l'appareil; quand le vide était fait, on entr'ouvrait le robinet, l'eau se précipitait, entraînant avec elle la petite quantité d'air restée dans le tube et dans le flacon au moment de la fermeture; on refermait le flacon qui se trouvait alors absolument rempli d'eau, et on faisait le vide de nouveau; on ouvrait alors le robinet peu à peu, on voyait les gaz se dégager tumultueusement; quand on jugeait par le manomètre qu'il s'en était dégagé une quantité sensible, on envoyait ces gaz dans un tube retourné sur le mercure de la cuve de l'appareil. L'expérience d'extraction n'a jamais duré plus d'une heure, et les nombres inscrits au tableau n° 4 représentent les gaz extraits pendant ce temps.

Quand on laisse l'appareil monté pendant vingt-quatre heures, on recueille une quantité de gaz énorme, plusieurs centaines de centimètres cubes; il est presque exclusivement formé d'acide carbonique, et il provient sans doute d'une réaction interne; il est curieux de voir, que les graines donnent plus facilement de l'acide carbonique quand elles sont soustraites à l'action de l'air que lorsqu'elles y sont exposées.

On remarquera que la quantité de gaz extraite de 100 gr. de haricots est d'environ 32^{cc} (exp. n° 31); celle que nous avons retirée de 100 gr. d'orge a varié de 12^{cc} à 7^{cc},8 (exp. n° 36 et 37); il est probable que par le vide on ne retire pas tous les gaz contenus dans les tissus, et que ce mode de recherches est simplement qualitatif, mais il convenait pour éclairer la discussion dans laquelle je suis engagé.

On remarquera encore que les gaz contenus dans les graines normales sont formés d'oxygène, d'azote et d'une très-faible quantité d'acide carbonique; l'oxygène est tantôt en plus forte, tantôt en plus faible proportion que dans l'air : ainsi dans les haricots on a trouvé pour 24,0 d'azote, 7,1 d'oxygène, au lieu de 6,3; dans l'orge, l'une des expériences donne 2,0 d'oxygène pour 9,8 d'azote, ce qui est un peu moins que l'air; dans l'autre détermination, la proportion d'oxygène n'est plus que le huitième de celle de l'azote; dans le blé, enfin, on a trouvé 1,2 d'oxygène au lieu de 1,3 qu'auraient exigé les 5,0 d'azote observés.

Il est donc certain qu'il existe des gaz dans les graines. C'est, au reste, ce qui n'est douteux pour aucun micrographe. Mon excellent ami M. Decaisne a bien voulu examiner quelques-unes des graines sur lesquelles j'ai expérimenté, et il a reconnu « que le tégument n'est jamais étroitement appliqué sur la graine à la place occupée par l'embryon, et qu'il forme, dans les céréales, de nombreux plis sous lesquels l'air peut se trouver renfermé ». M. Van Tieghem de son côté a récemment attiré l'attention sur les graines renfermant des gaz, on peut donc considérer cette question comme résolue. (1)

TABLEAU N° IV.

GAZ EXTRAITS PAR LA MACHINE D'ALVERGNIAT DE 100 GRAMMES DE HARICOTS.				
	VOLUME TOTAL.	OXYGÈNE	ACIDE CARBONIQUE	AZOTE.
N° 31. Avant la germination	32.1	7.1	0.9	24.1
N° 32. Après 3 jours de germination	52.0	5.1	17.8	29.1
N° 33. Après 4 jours de germination	54.7	5.6	10.2	38.9
N° 34. Après 6 jours de germination	62.5	0.6	54.0	7.9
N° 35. Après 8 jours de germination les haricots étaient dépouillés de leur testa.	117.0	1.9	93.6	21.5
GAZ EXTRAITS PAR LA MACHINE D'ALVERGNIAT, DE 100 GRAMMES D'ORGE.				
N° 36. Avant germination	12.0	2.0	0.2	9.8
N° 37. Avant germination	7.8	0.5	0.2	7.1
N° 38. Après 12 jours de germination	19.0	1.0	9.0	9.0
GAZ EXTRAITS PAR LA MACHINE D'ALVERGNIAT, DE 100 GRAMMES DE BLÉ.				
N° 39. Avant germination	7.6	1.2	1.4	5.0
N° 40. Avant germination	7.0	1.0	0.4	5.6
N° 41. Après 12 jours de germination	11.4	0.4	4.0	7.0

J'avais en outre, dans l'emploi de la machine d'Alvergniat, une méthode excellente pour reconnaître si la quantité de gaz contenue dans les graines pouvait augmenter pendant la germination. J'ai donc mis des graines à germer à l'air, puis je les ai introduites, après avoir compté le nombre de grains employés et leur poids à l'état sec, dans le flacon fixé à l'appareil. On a recueilli les gaz comme il a été dit plus haut, on les a soumis à l'analyse, puis, en les ramenant à 100 grammes de graines, on a pu établir le tableau n° IV.

(1) Ph. Van Tieghem, *Observations sur la légèreté spécifique des graines, etc.* — Mém. soc. des sciences nat. de Cherbourg, t. XIX.

On remarquera que le volume du gaz extrait des graines va toujours en augmentant à mesure que la germination a duré plus longtemps; que la quantité d'oxygène diminue ; que la quantité d'acide carbonique augmente énormément; que la quantité d'azote a augmenté dans les expériences sur le blé; que dans l'orge elle a diminué si on la compare à la première analyse ; qu'elle a, au contraire, augmenté si on la compare à la seconde, on retrouve là les divergences signalées par l'analyse du gaz resté au contact des graines qui montre tantôt une absorption tantôt un dégagement d'azote. Il n'en est pas ainsi pour le blé : on trouve plus d'azote dans les grains à la fin de l'expérience qu'au commencement; enfin pour les haricots, l'expérience est très-instructive.

La quantité d'azote augmente pendant les premiers jours d'une façon très-sensible, elle passe de 24^{cc} à 29 et à près de 40^{cc}; et par suite elle démontre victorieusement le fait contesté, à savoir que les gaz pénètrent dans les graines et s'y condensent. Si cette expérience eût été faite en vase clos, elle aurait donc donné, pendant les premiers jours, une diminution dans le volume de l'azote; mais quand l'expérience dure plus longtemps, le gaz azote se dégage, au lieu de 24^{cc}, les 100 grammes de haricots n'en renferment plus que 7^{cc},7. Si donc l'expérience eût été faite en vase clos, elle nous eût donné un dégagement d'azote, sans que les albuminoïdes se fussent altérés; après huit jours, expérience n° 35, la quantité d'oxygène est plus grande que celle qu'on a trouvée après 6 jours de germination, mais moindre que celle qu'on a trouvée dans les haricots avant la germination; quant à la quantité d'azote, elle est plus grande que celle qu'on a trouvée après 6 jours, mais il est à remarquer que dans l'expérience n° 35, le testa était enlevé, ce qui empêche qu'elle puisse être comparée rigoureusement aux précédentes.

Nous insisterons sur cette expérience n° 35, dans laquelle les haricots étaient dépouillés de leur testa; elle nous fait voir que, pendant la germination, les gaz ne sont pas logés entre le testa et les cotylédons, mais qu'ils pénètrent ceux-ci; que par suite il y a bien occlusion de ces gaz dans ces tissus où ils vont exercer leur action oxydante; on remarquera que la quantité d'oxygène contenue dans la graine a diminué à peu près régulièrement dans les quatre premières expériences sur les haricots, tandis que la quantité d'acide carbonique augmente toujours, il n'y a d'exception que pour l'expérience n° 33, dans laquelle l'oxydation a été moins active; mais dans les deux der-

nières expériences, au contraire, la quantité d'acide carbonique est considérable, et je ne puis attribuer cet acide carbonique qu'à la réaction de l'oxygène qui pénètre dans la graine; quand les graines sont soustraites à l'action de l'oxygène, elles dégagent des quantités énormes d'acide carbonique, ainsi que nous l'avons dit plus haut, mais alors elles semblent être le siége d'une véritable fermentation, il y a là un phénomène secondaire très-important, mais qui n'a pas lieu quand les graines humides sont exposées à l'action de l'oxygène.

Dans les expériences sur l'orge, dans celles qui ont porté sur le blé, on a recueilli plus d'acide carbonique des graines germées que des graines normales, les réactions sont donc analogues aux précédentes. Elles nous font bien voir que l'oxygène pénètre dans la graine, s'y condense, y exerce son action oxydante et s'y métamorphose en acide carbonique.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Revenons maintenant sur l'objet de la discussion :

M. A. Leclerc nie que du gaz azote puisse pénétrer dans les graines au moment de la germination ?

Or, j'ai fait voir que M. Leclerc a observé lui-même à différentes reprises cette pénétration; j'ai de plus donné quatorze expériences dans lesquelles le volume du gaz azote a diminué, après que les graines ont séjourné pendant quelque temps dans une atmosphère confinée.

M. A. Leclerc affirme qu'il n'existe pas de gaz azote confiné dans les graines, que par suite, celui qu'on voit se dégager parfois dans les expériences de germination, est dû à une décomposition des albuminoïdes.

Je fais voir que du gaz azote apparaît dans des germinations parfaitement régulières où toutes les graines ont germé.

Enfin, j'extrais directement les gaz contenus dans les graines à l'aide de la machine d'Alvergniat, et je trouve :

1° Qu'il existe du gaz azote dans les graines normales. Expériences 31, 36, 37, 39.

2° Que la quantité de ce gaz confiné augmente pendant les premiers jours de la germination, expériences 32, 33, mais que quelques jours plus tard elle diminue au contraire.

Je ne crois donc pas devoir modifier les conclusions du mémoire

que nous avons publié, M. Landrin et moi l'an dernier, et les conclusions que je tirerai de mes nouvelles expériences, sont semblables à celles qui découlaient de nos premières recherches.

Je répéterai donc encore :

1° Que les gaz pénètrent dans les graines au commencement de la germination (tableau I, II, III);

2° Que l'occlusion porte aussi bien sur l'oxygène que sur l'azote (tableau I, III et IV);

3° Que souvent, au lieu de voir l'oxygène et l'azote pénétrer dans les graines, on ne constate qu'une diminution dans le volume de l'oxygène, mais qu'au contraire le volume de l'azote augmente (tableau II, III);

4° Que cette augmentation est due à de l'azote confiné qui existe dans les graines normales et qui s'en dégage pendant la germination même (tableau IV);

5° Que la condensation des gaz dans les graines est forcément accompagnée d'un dégagement de chaleur qui favorise l'action de l'oxygène atmosphérique et peut-être la détermine.

DE L'INFLUENCE DE LA SÉCHERESSE DE 1870 SUR LES RÉCOLTES A ROTHAMSTED

PAR

MM. LAWES ET GILBERT (1).

Bien que ce mémoire ait paru en Angleterre il y a quatre ans, les résultats très-importants qu'il renferme sont encore peu connus en France; nous avions été très-frappés, M. Dutertre et moi, lors de notre visite à Rothamsted en juillet 1874 des faits observés par les savants agronomes anglais, relativement à la résistance à la sécheresse qu'acquièrent les plantes nourries de certains engrais, et nous croyons que les praticiens qui cultivent des terres habituellement sèches pendant l'été, auront avantage à connaître les résultats obtenus à Rothamsted. P P. D.

PREMIÈRE PARTIE.

INFLUENCE DE LA SÉCHERESSE SUR LA PRAIRIE.

La pluie est en général assez abondante en Angleterre pour que la végétation ait plutôt à souffrir de son excès que de sa rareté; c'est

(1) *The Journal of the royal agricultural Society of England*, vol. VII, 2e série, 1re partie, 1871.

seulement de loin en loin qu'une année de sécheresse vient nous montrer quelle influence exerce sur l'abondance des récoltes la quantité d'eau qu'elles reçoivent.

Tout le centre, le sud et l'est de l'Angleterre ont subi pendant l'année 1870 une sécheresse qui s'est prolongée depuis le moment où la végétation entre dans sa période d'activité jusqu'à l'époque de la récolte, et, pour trouver un exemple d'une sécheresse analogue, il nous faut remonter jusqu'à 1844, c'est-à-dire à plus d'un quart de siècle. L'été de 1868 fut, il est vrai, très-sec également, et comme il a été plus chaud que celui de 1870, il est probable que pendant une partie de cette année 1868 le manque d'eau s'est fait plus cruellement sentir encore qu'en 1870, et, en effet, les personnes qui ont voyagé dans le sud et dans le centre de l'Angleterre pendant le mois de juillet 1868, n'ont pas oublié l'absence complète de verdure dans les prairies, non plus que la chaleur étouffante qu'elles ont eu à supporter et qui rappelait plutôt les régions tropicales que le climat tempéré dont jouit habituellement la Grande-Bretagne pendant l'été. Quoique la sécheresse et la chaleur fussent plus intenses pendant les mois de mai, de juin et de juillet en 1868 qu'en 1870, l'absence de pluie ne commença qu'un mois plus tard et se fit sentir moins longtemps qu'en 1870; aussi les premières et secondes coupes de foin furent-elles beaucoup plus faibles pendant cette dernière année.

C'est seulement quand les cultures sont continuées dans des circonstances identiques comme sol et comme engrais pendant plusieurs années qu'il est possible d'étudier l'influence de la variation des saisons sur la quantité et la composition des produits; or, ces conditions, on le sait, sont réalisées depuis nombre d'années à Rothamsted; aussi, profitant de ces avantages, nous sommes-nous proposés dans ce mémoire d'examiner brièvement :

1. La quantité d'eau qu'exhalent approximativement quelques-unes des plantes cultivées pendant la durée de leur croissance.

2. La source où est puisée cette quantité d'eau nécessaire aux plantes pour qu'elles puissent se développer normalement.

3. La différence des effets de la sécheresse de 1870 sur les diverses cultures en expérience.

Quantité d'eau évaporée par les plantes pendant leur croissance.

Une série d'expériences fut commencée en 1849 et fut continuée pendant dix ans pour chercher la relation qui existe entre la quantité d'eau évaporée par les plantes pendant la durée de leur croissance et la somme des principes qu'elles ont assimilés. Pour les plantes agricoles, parmi les graminées, le blé, l'orge et l'herbe de la prairie ont été choisis, parmi les légumineuses, les haricots, les pois et le trèfle; enfin nous avons encore soumis aux expériences, comme plantes à racines, les turneps de Suède, les navets blancs et les pommes de terre. Des essais ont été aussi faits sur l'évaporation des arbres à feuilles caduques et à feuilles persistantes, six espèces dans chacune de ces catégories ayant été spécialement choisies pour cet objet.

Les expériences étaient conduites de la façon suivante; on employa des vases cylindriques d'abord en verre, puis en zinc, de 35 cent. de profondeur, de 22 cent. et demi de diamètre, renfermant environ 18 kilog. de terre, provenant de la parcelle du champ d'expérience destiné au blé, qui était restée sans engrais depuis dix ans, et on décida de faire sur chaque plante trois expériences, l'une avec le sol indiqué plus haut sans engrais, une seconde avec ce même sol additionné seulement d'engrais minéraux, une troisième encore avec ce même sol mais chargé en même temps d'engrais minéraux et de sels ammoniacaux. Dans les expériences sur le blé et l'orge on sema trois graines dans chaque vase et une seule quand on cultiva les haricots, les pois et le trèfle. Une plaque de verre percée d'un orifice de 7 millimètres environ à son centre pour laisser passer la plante et munie d'un autre trou qui pouvait être fermé à volonté avec un bouchon et destiné à l'arrosage, est scellée à la partie supérieure du vase. Un vase semblable aux précédents renfermant seulement de la terre et ayant son orifice garni de quelques petits morceaux de verre pour laisser échapper la vapeur, fut placé en expérience avec les vases garnis de plantes, pour déterminer la quantité d'eau émise par le sol lui-même. Les vases renfermant les plantes à grosses racines portaient des plaques de verre munies d'orifices plus larges que les précédents, mais fermant cependant aussi bien que possible, ainsi qu'il a été dit plus haut.

Les vases avec leur contenu pesant plus de 18 kilogr., furent pesés de temps à autre, généralement tous les dix jours, au moyen d'une balance délicate construite pour cet usage, qui bien que chargée lourdement était cependant capable d'indiquer un changement de quelques centigrammes. Les plantes étaient arrosées toutes les fois que cela était nécessaire. Les résultats de ces expériences ont été publiés déjà, nous renvoyons le lecteur aux mémoires où ils sont insérés, résumant seulement ici les conclusions nécessaires à l'exposé de ce qui va suivre (1).

1. La quantité d'eau dégagée par les plantes durant leur développement est en relation avec la quantité totale de matière sèche, ou la quantité de substance non azotée fixée ou assimilée; cette relation existe aussi bien pour les graminées que pour les légumineuses.

2. Pour une quantité d'eau évaporée, déterminée, il apparaît dans une légumineuse deux ou trois fois plus de substance azotée que dans une céréale.

3. Pendant la croissance et la maturation d'une graminée ou d'une céréale, il y a de 250 à 300 parties d'eau évaporées pour une partie de matière sèche fixée ou assimilée.

Avant d'arriver à l'application de ces données à quelques cas spéciaux, il peut être bon de fournir un exemple. Quelques-unes des parcelles du champ d'expérience donnent une moyenne de près de sept tonnes et demie de produit total à l'hectare grain et paille par an; si nous admettons qu'un sixième de cette quantité soit de l'eau, nous avons environ 6 tonnes 1/3 de matière sèche formée à la fin de juillet ou au commencement d'août, et si nous admettons qu'il a fallu 300 parties d'eau évaporée pour qu'il s'élabore une partie de matière sèche, nous avons $300 \times 6.3 = 1890$ tonnes d'eau évaporée par hectare pendant le développement d'une semblable récolte.

La difficulté d'éliminer les causes d'erreur dans la détermination

(1) Recherches expérimentales sur la quantité d'eau dégagée par les plantes pendant leur croissance, et sur les relations qu'elle présente avec la fixation de l'origine et leurs principes constituants (*Journal horticultural society of London*, vol. V, p. 1, 1850).

Rapport sur quelques expériences entreprises à l'instigation du professeur Lindley pour déterminer l'évaporation de l'eau par les arbres verts et les arbres à feuilles caduques (*Journ. hort. Sociel. London*, vol. VI, p. 3 et 4, 1851).

J'ai traduit une partie de ces mémoires pour mon Cours de chimie agricole, p. 168; dans l'article FEUILLES du Dictionnaire de Wurtz j'ai donné un extrait plus complet des deux mémoires précédents. P P. D.

de la quantité d'eau dégagée par les herbes de la prairie nous empêche de donner avec certitude le poids d'eau évaporée, correspondant à la formation d'une partie de substance sèche ; nous admettrons cependant que, pendant le développement des graminées de la prairie comme dans celui des céréales, 300 parties d'eau sont évaporées pendant que la plante forme une partie de matière sèche, et comme une des parcelles du champ d'expérience de Rothamsted a donné en moyenne pendant quinze ans sept tonnes et demie de produit à l'hectare renfermant 6 tonnes 1/3 de matière sèche, nous admettrons encore que la quantité d'eau qui a circulé au travers de la plante est de 1890 tonnes d'eau ; mais il faut remarquer, en outre, que cette masse de liquide a dû être évaporée avant le milieu de juin.

Nous aborderons maintenant quelques cas spéciaux, relatifs à la quantité d'eau évaporée par différentes récoltes, et nous verrons comment ils se rattachent à l'abondance de la pluie tombée pendant la période de leur croissance, ou à la quantité d'eau qui se trouvait en réserve dans le sol.

Résultats relatifs au développement de la prairie.

Le tableau n° 1 indique la quantité de foin obtenue par hectare chaque année depuis quinze ans, de 1856 à 1870, sur trois parcelles différentes.

1. Sans engrais.

2. Avec un mélange d'engrais minéraux et de 448 kil. de sels ammoniacaux par hectare.

3. Avec des engrais minéraux additionnés de 600 kilog. de nitrate de soude par hectare pendant treize ans seulement, de 1858 à 1870.

Ce tableau renferme, en outre, en regard du produit obtenu, la quantité d'eau tombée à Rothamsted pendant les mois d'avril, de mai et de juin, qui peuvent être considérés comme formant les mois pendant lesquels la végétation de la prairie est la plus active.

Bien que ce tableau renferme des renseignements très-instructifs, il nous faudrait, pour établir complétement l'influence des saisons sur la récolte du foin, des observations beaucoup plus nombreuses ; elles nous seraient nécessaires pour connaître les différences que déterminent dans le rendement de la prairie la distribution de la



pluie, l'élévation de la température, et l'opportunité de la chaleur et de l'humidité auxquelles les plantes sont exposées.

TABLEAU N° 1. — RÉCOLTES OBTENUES SUR LES PRAIRIES.

	FOIN PAR HECTARE				PLUIE TOMBÉE A ROTHAMSTED.			
ANNÉES.	Sans engrais.	Engrais minéraux et sels ammoniacaux.	Engrais minéraux et nitrate de soude.	Moyenne.	AVRIL.	MAI.	JUIN.	TOTAL.
	k.	k.	k.	k.	centimètr.	centimètr.	centimètr.	centimètr.
1856	2812	7093	»	4953	6.25	11.75	4.75	22,75
1857	3125	7125	»	5125	5.50	2.75	5.50	12,75
1858	2750	8000	6250	5400	6.25	6.25	2.40	14,90
1859	2750	6875	6750	3275	6.75	5 00	6.75	18,50
1860	3000	6250	6125	5125	4.70	10.75	15.50	30,95
1861	3125	7000	6500	5512	4.50	2.50	7.25	14,25
1862	3375	7025	6375	5592	7.00	7.25	8.50	22.75
1863	2500	6625	7250	5458	2.40	2.50	11.50	16 30
1864	3000	6250	7500	5583	3.75	4.50	4.70	12,95
1865	1375	4250	5875	3806	1.17	7.50	1.70	10,27
1866	2875	5500	7250	5208	4.75	3.50	11.25	19,50
1867	3375	6000	8000	5791	7.00	4.25	2.50	13,75
1868	2125	7375	8625	6041	5.45	1.82	0.92	8,19
1869	4750	8500	9500	7543	5.25	8.00	2.50	15,75
1870	725	3625	7000	3750	1.15	3.25	2.25	7,65
Moyenne	2771	6527	7350	5206	4.75	5.75	5.75	16.25

On voit immédiatement, en parcourant le tableau n° 1, que les variations d'année en année dans la quantité de foin récolté sur la parcelle sans engrais dépend de la distribution de l'eau tombée pendant la période d'activité de la végétation, mais ne dépend nullement de la quantité totale de pluie recueillie pendant les trois mois d'observation; ainsi la moyenne de la pluie pendant ces trois mois est de 16,25 et le poids moyen de foin récolté est de 2771 kilog.; or nous avons à peu près exactement la même hauteur de pluie pendant la même période en 1863, 16,30 et cependant cette année-là on recueillit seulement 2500 kilog. de foin; en 1869, au contraire, la quantité d'eau tombée est moindre, elle n'est que de 15c 75 et elle coïncide avec la récolte la plus abondante qu'on ait observée pendant toute la période, puisqu'on a obtenu 4750 kilog. Il est à remarquer

que la plus faible récolte obtenue, celle de 1863, n'a reçu pendant les deux premiers mois de la période d'activité végétale que moins d'un tiers de la quantité totale d'eau tombée, tandis que l'année où le produit a été le plus élevé, la quantité d'eau tombée pendant les deux premiers mois a été bien supérieure à la moyenne, mais pendant le mois de juin la quantité recueillie n'a été que la moitié de la moyenne, de telle sorte que le maximum de produit a été obtenu quand plus des cinq sixièmes de la quantité totale d'eau tombée a été recueillie pendant les deux premiers mois. C'est en 1860 qu'on a observé la plus grande quantité de pluie, la quantité d'eau tombée a atteint son maximum puisqu'elle a dépassé la moyenne de moitié, et le produit n'a été cependant que de 230 kilog. audessus de la moyenne; mais, la moitié de la quantité totale d'eau recueillie est tombée pendant le mois de juin, pendant le dernier mois de la végétation, et la température a été en outre particulièrement basse pendant toute la période de croissance de l'herbe.

Les produits les plus faibles furent de 2125 kilog. en 1868, de 1375 en 1865 et seulement de 725 kilog. en 1870. Ce dernier nombre est le plus faible de la série, il coïncide avec la plus petite quantité d'eau recueillie pendant les quinze années qu'ont duré les expériences, c'est-à-dire 7 cent., 65 de pluie.

Si nous arrivons aux colonnes du produit obtenu par les deux parcelles amendées avec les engrais artificiels, nous voyons que si dans les premières années l'engrais minéral mélangé aux sels ammoniacaux donne plus de foin que l'engrais minéral mélangé au nitrate de soude, dans les dernières années les engrais minéraux mêlés au nitrate donnent au contraire un produit beaucoup plus avantageux. Il est visible d'après cela que les variations dans le produit dépendent d'autres conditions que les changements atmosphériques; nous discuterons ultérieurement cette partie de notre sujet, mais nous ferons déjà remarquer en passant que la distribution des plantes et la prédominance des espèces est très-variable dans les deux cas, et que, par suite, l'abondance de la récolte, pendant les années de sécheresse, est liée à l'abondance des plantes dont les racines s'enfoncent profondément dans le sol pour puiser l'humidité qu'il contient.

C'est ce qui apparaît nettement dans le tableau suivant donnant les quantités de foin obtenues par hectare sur chacune des trois parcelles dont nous avons parlé plus haut; on y verra le produit

de 1870, la moyenne des récoltes obtenues pendant les quinze années précédentes, et enfin la diminution que présente l'année 1870.

TABLEAU II. — FOIN PAR HECTARE.

PARCELLES EN EXPÉRIENCES.	1870.	Moyenne de 15 ou 13 ans 1856-70.	Déficit en 1870.
Sans engrais	725	2771	2046
Engrais minéraux et sels ammoniacaux	3625	6527	2902
Engrais minéraux et nitrate de soude	7000	7250	250

Ainsi, sous l'influence de la sécheresse extraordinaire de 1870, il y a une variation extraordinaire dans le produit obtenu; la parcelle sans engrais n'a donné que 725 kilog. de foin à l'hectare; la parcelle qui a reçu les sels ammoniacaux et les engrais minéraux a fourni 3625 kilog., enfin celle qui a eu les sels minéraux et le nitrate de soude en a fourni 7000. La récolte de la parcelle sans engrais a été non-seulement la plus faible de toutes celles qu'on a obtenues pendant les quinze années précédentes, mais elle est de plus tombée au quart de la moyenne. Avec les engrais minéraux et les sels ammoniacaux on a obtenu un produit plus faible que, dans aucune des années précédentes, n'en avait fourni la parcelle qui avait reçu ces même engrais; le produit est de 2900 kilog. plus faible que la moyenne, mais, en revanche, le nitrate de soude mêlé aux engrais minéraux a fourni 7000 kilog. de foin, c'est-à-dire seulement 250 kilog. de moins que la moyenne; le rendement de la parcelle amendée avec le nitrate de soude a donc été en 1870, de 6275 kilog. supérieur à celui de la parcelle sans engrais, et il a dépassé de 3375 kilogr. celui de la parcelle qui avait reçu le même poids d'engrais minéraux et sous forme d'ammoniaque un poids d'azote égal à celui que renfermait le nitrate de soude.

Si nous admettons qu'il faut environ 300 parties d'eau traversant une plante pour déterminer l'assimilation d'une partie de matière sèche, il a fallu environ que 1700 mètres cubes d'eau aient passé au travers des plantes de la parcelle qui a fourni 7000 kilog. de foin; comme un centimètre de pluie qui tombe représente une quantité d'eau de 100 mètres cubes par hectare, les 7 cent. 6, qui sont tombés en 1870 pendant les mois d'avril, de mai et de juin, période de la

végétation active, ont fourni seulement 760 mètres cubes d'eau à la végétation; en admettant que rien n'ait été perdu par l'évaporation directe du sol ou par le drainage, ce qu'on ne peut raisonnablement supposer, il aurait donc manqué près de 1000 tonnes d'eau pour la récolte obtenue sur la parcelle amendée à l'aide du nitrate de soude. Il en aurait manqué également une quantité considérable pour la parcelle qui avait reçu les sels ammoniacaux; mais la quantité d'eau tombée se trouvait être au contraire très-supérieure à celle qui était nécessaire à la récolte développée sur la parcelle sans engrais.

Pour découvrir la cause de la différence d'effet de la sécheresse sur les trois parcelles, on se décida à rechercher la quantité d'eau contenue dans le sol jusqu'aux plus grandes profondeurs que les racines puissent atteindre, et le 25 et le 26 juillet 1870, des échantillons de terre furent pris dans les trois planches jusqu'à une profondeur de $1^{m},330$ à laquelle atteignaient les racines dans une des parcelles.

Les échantillons furent prélevés et analysés avec les précautions suivantes : on choisit dans chacune des parcelles un carré couvert des plantes les plus abondamment répandues dans l'herbage, on y enfonça un cadre de fer carré ouvert en haut et en bas de 15 centimètres de longueur sur $22^{c},5$ de hauteur; en enlevant le cadre on entraînait avec lui la terre qu'il renfermait, celle-ci était mise de côté pour être pesée et desséchée; au fond du trou on enfonçait de nouveau le cadre de façon à prélever une seconde couche de terrain à une plus grande profondeur, et cette opération fut répétée six fois. La détermination de l'eau dans les échantillons étant l'objet spécial des expériences, le poids exact de la terre fut pris immédiatement, pour éviter toute perte par évaporation pendant la préparation des échantillons; puis on fit passer la terre au travers de tamis de différentes grosseurs pour éliminer les pierres, enfin la terre qui avait traversé un tamis dont les mailles étaient écartées de 6 millimètres fut réduite en poudre pour être soumise à l'analyse.

Le tableau suivant donne la quantité d'eau perdue par chacun des échantillons préparé comme il a été dit plus haut, par une dessiccation à 100°, en y comprenant l'eau évaporée pendant la préparation des échantillons.

TABLEAU N° III. — HUMIDITÉ CONTENUE DANS LE SOL DES PARCELLES DE LA PRAIRIE DIVERSEMENT FUMÉES.

Échantillons prélevés les 25 et 26 juillet 1870.

PROFONDEUR à laquelle les échantillons ont été pris.		HUMIDITÉ POUR 100 dans les sols.		
		Planche 3 sans engrais.	Planche 9 engrais minéral et sels ammoniacaux.	Planche 14 engrais minéral et nitrate de soude.
	centimètres.			
Premiers	22.5	10 83	13.00	12.16
Seconds	22.5	13.34	10.18	11.80
Troisièmes	22.5	19.23	16.46	15.65
Quatrièmes	22.5	22.71	18.96	16.30
Cinquièmes	22.5	24.28	20.54	17.18
Sixièmes	22.5	25.07	21.34	18.06
Moyenne		19.24	16.75	15.19

Les résultats exposés dans ce tableau présentent un grand intérêt et facilitent l'explication de la différence extraordinaire constatée dans le produit obtenu des différentes parcelles.

Le premier point digne de remarque est que les parcelles qui ont reçu les engrais renferment dans la première couche de terre beaucoup plus d'eau que celle qui n'a pas été fumée, mais qu'au contraire dans les autres couches jusqu'à la profondeur de 1^m,33 et sans doute à une profondeur encore plus grande, les parcelles fumées en renferment beaucoup moins que celle qui n'a pas reçu d'engrais, et qu'enfin la parcelle 14, qui a donné le rendement le plus élevé, en renferme encore moins que le n° 9; c'est ce qui apparaît surtout nettement dans l'échantillon recueilli de la profondeur de 1^m,11 à celle de 1^m,33, puisque l'échantillon de la parcelle sans engrais renferme 25 p. 100 d'eau, celui de la parcelle n° 9 : 21,34 et celui de la parcelle 14 : 18,06 seulement.

Si nous admettons que jusqu'à la profondeur de 1^{m}33 la terre d'un hectare pèse 19 millions de kilog., ce qui nous conduirait à une densité de 1,44 pour la terre de la prairie, nous trouvons que jusqu'à cette profondeur le sol de la parcelle non fumée renferme 3 610 tonnes d'eau, celui de la parcelle 9, 3 430 tonnes, et enfin

celui de la parcelle 14, 2850 tonnes seulement, c'est-à-dire que le sol de la parcelle 9 renferme 180 tonnes d'eau de moins que celui de la parcelle 3, et celui de la parcelle 14, 760 tonnes de moins que celui de cette même parcelle non fumée, et comme les plus grandes différences ont été trouvées aux profondeurs les plus considérables, il n'y a aucun doute que ces différences ne soient encore plus grandes que celles qu'accusent les chiffres précédents.

Nous reconnaissons maintenant où les plantes fumées ont pris l'humidité qui était nécessaire à leur croissance que la pluie ne leur a pas fournie; mais ici se posent les questions suivantes : pourquoi les plantes de la parcelle non fumée ont-elles souffert plus cruellement de la sécheresse que celles des parcelles fumées? Et encore pourquoi les végétaux de la parcelle qui avait reçu les sels ammoniacaux ont-ils souffert davantage que ceux qui se sont développés sur la parcelle qui a reçu le nitrate de soude, et n'ont-ils pas pu puiser plus complétement au réservoir d'humidité que renfermait le sol? Pour répondre à ces questions, nous avons dû nous livrer à un examen attentif de la distribution des espèces répandues sur les parcelles en expérience, nous avons examiné en outre les racines contenues dans les tranches du sol et du sous-sol recueillies.

Nous avons reconnu qu'il existait cinquante-trois espèces sur la parcelle non fumée (1); ce grand nombre des espèces était dû au peu

(1) MM. Lawes et Gilbert ne se sont pas contentés, en effet, de peser les récoltes obtenues sur chaque parcelle, ils ont voulu encore reconnaître quelles étaient les espèces qui dominaient suivant la nature de l'engrais que le sol avait fourni.

On prenait donc un échantillon de l'herbe fauchée sur chaque parcelle, on déterminait son poids, puis on procédait à une analyse botanique très-soignée; ces analyses par espèces sont longues et pénibles, aussi ne les fait-on que tous les cinq ans, mais en revanche tous les ans on sépare les plantes récoltées en trois groupes : graminées, légumineuses, espèces appartenant à d'autres familles.

Les plantes triées pour l'analyse botanique complète qui a lieu tous les cinq ans, sont séchées, pesées, et enfin classées dans un grand casier qui occupe tout le fond du laboratoire de Rothamsted.

Les lignes horizontales correspondent à chacune des parcelles de la prairie; les lignes verticales à chacune des espèces botaniques, classées d'abord en trois grandes divisions : graminées, légumineuses, autres espèces. On comprend dès lors que les casiers de diverses largeurs horizontales suivant l'abondance présumée de telle ou telle espèce, soient plus ou moins remplis suivant qu'elle s'est développée plus ou moins bien sous l'influence des engrais employés.

Ce qui frappe d'abord quand on examine ce casier, c'est l'abondance des graminées et la rareté des légumineuses quand le sol a reçu les engrais azotés. Ainsi quand on a employé les sels ammoniacaux seuls, 100 de foin renfermaient 88,34 de graminées et seulement 0,24 de légumineuses, tandis que lorsqu'on a amendé le sol avec des engrais

de vigueur que présentait chacune d'elles; d'un autre côté, l'action des engrais longtemps continuée sur les parcelles 9 et 14 avait réduit le nombre des espèces à 30. Dans la parcelle 3 il existait dix-sept graminées, quatre légumineuses et trente-deux espèces appartenant à d'autres familles; la parcelle 9 portait seulement quinze graminées, deux légumineuses et treize autres espèces, enfin sur la parcelle 14 il n'y avait que quatorze graminées, 3 légumineuses et treize autres espèces.

L'action des sels ammoniacaux et du nitrate de soude se faisait cependant sentir dans l'abondance de ces différentes espèces; sous l'influence des sels ammoniacaux, le *Dactylis glomerata* (dactyle), l'*Agrostis vulgaris* (agrostis), le *Festuca ovina* (fétuque), le *Poa pratensis* (paturin) parmi les graminées, et le *Rumex acetosa* (oseille) parmi les autres espèces, dominent dans l'ordre de leur énumération; tandis que sous l'influence de l'engrais minéral et du nitrate de soude le *Bromus mollis* (brome) était si abondant qu'il couvrait sans doute à lui seul la moitié de la prairie, le *Poa trivialis* (paturin) était aussi très-fréquent; l'*Holcus lanatus* (houque), le *Festuca ovina* (fétuque), le *Lolium perenne* (Ray-Grass), le *Dactylis glomerata* (dactyle), l'*Avena flavescens* (avoine jaune), l'*Anthriscus sylvestris*, se rencontrent encore sur cette parcelle : ils sont placés ici dans l'ordre de leur abondance. Tandis que les plantes que favorisent les sels ammoniacaux ont l'habitude de pousser des racines traçantes et de former des touffes sur le sol, les plantes développées sous l'influence du nitrate de soude sont très-différentes, elles ne forment pas de touffes, mais produisent beaucoup de tiges, de façon à former un herbage régulier; en outre, leurs racines nombreuses et allongées (particulièrement celles du *Bromus mollis*), si abondant dans la parcelle 14, s'enfoncent jusque dans les profondeurs du sous-sol.

L'examen des échantillons présente de grandes différences dans le caractère du gazon, le développement des racines, la nature du

alcalins et du superphosphate de chaux sans engrais azotés, les graminées n'ont plus représenté que 66,40 pour 100 du poids total de la récolte, mais les légumineuses sont montées à 24,09 pour 100. La prairie cependant dans l'état normal, quand elle n'a reçu aucun engrais, renferme environ 74 pour 100 de graminées et 6,89 de légumineuses; c'est donc bien sous l'influence de l'engrais que l'une ou l'autre de ces familles s'est développée.

Nous empruntons les chiffres précédents au mémoire indiqué plus haut, mais nous avons pu en apprécier l'ensemble en examinant les compartiments du casier de Rothamsted et en parcourant à la suite de M. le docteur Gilbert la belle prairie sur laquelle ont porté les expériences. P. P. D.

sol et du sous-sol. La parcelle non fumée renfermait, ainsi que nous l'avons vu, un nombre considérable d'espèces, et parmi elles, quelques-unes avaient envoyé des racines à une grande profondeur, mais l'ensemble du gazon était formé d'une masse complexe de chevelu et de racines beaucoup moins vigoureuses que celles des parcelles fumées. Ces radicelles avaient pris plus ou moins complétement possession du sol jusqu'à une profondeur de 15 centimètres; quelques-unes même avaient une tendance à descendre plus bas, devenant cependant plus faibles dans les seconds et troisièmes échantillons de 22c,5, et à une profondeur de 1 mètre; elles étaient fines comme un fil de soie. On admit, sans cependant pouvoir le démontrer, que les racines trouvées à cette grande profondeur étaient celles de l'*Agrostis vulgaris* et celles du *Bromus mollis*.

L'échantillon pris de la surface à 22c,5 de la parcelle non fumée présentait l'apparence du terreau à peu près comme les parcelles fumées; le second échantillon, 22,5 à 45, avait beaucoup perdu du caractère argilacé du sous-sol; mais à partir de ce point on n'observait plus guère de modification.

Le sol de la parcelle 9, amendé avec des engrais minéraux et des sels ammoniacaux, consistait en une masse épaisse de racines décomposées, pénétré de racines vivantes et de chevelu, à peu près comme dans la parcelle non amendée, mais peut-être un peu moins complexe; les racines y étaient plus vigoureuses. Les filets horizontaux de l'*Agrostis vulgaris* dominaient beaucoup, émettant beaucoup de chevelu, et poussant dans le sous-sol de nombreuses racines fibreuses. Le *Poa pratensis* développait aussi un grand nombre de racines vigoureuses et une masse de chevelu. Les racines pénétraient à peu près à la même profondeur que dans la parcelle 3, mais en plus grande quantité et plus fortes; au cinquième échantillon, c'est-à-dire à plus d'un mètre, elles étaient devenues rares et extrêmement fines. Ainsi qu'il a été dit précédemment, les sols de l'échantillon n° 1 recueillis sur chacune des parcelles différaient très-peu les uns des autres; mais si les modifications apportées par la végétation n'étaient pas absolument identiques, on pouvait peut-être trouver que l'échantillon provenant de la parcelle n° 9 était le plus noir et celui qui était le plus complétement métamorphosé en terreau. L'échantillon n° 2 de la parcelle 9 avait subi une modification plus complète que celui de la parcelle 3 et même que celui de la parcelle 14. Les échantillons n° 3 et n° 4 étaient plus foncés que

les numéros correspondants de la parcelle n° 3, ils avaient donc été plus modifiés. Les échantillons n° 5 et 6 étaient très-peu différents par leur couleur de la teinte jaune clair des numéros correspondants de la parcelle non fumée.

Le sol de la parcelle 14, fumé avec des engrais minéraux et du nitrate de soude, n'avait pas l'aspect tourbeux de celui qui forme la parcelle n° 9; la raison en est sans doute que la plante dominante, le *Bromus mollis*, qui forme près de la moitié de la récolte possède comparativement peu de feuilles enracinées; et que, sous l'influence de cet engrais, le *Poa trivialis*, l'*Holcus lanatus* et le *Lolium perenne* avaient une tendance à s'élever au-dessus du sol. Le *Bromus mollis* particulièrement lançait ses racines fortes et allongées dans le sous-sol, laissant seulement son chevelu ou ses racines de moindre importance s'étendre à la surface. Le second échantillon de terre était lié au premier, car il était, comme lui, rempli de racines. A l'extrémité des radicelles du *Bromus mollis* on trouva de petits tubercules semblables à ceux qui apparaissent sur les racines de quelques légumineuses, à une profondeur de 30 à 35 centimètres. Les racines de cette plante s'étendaient cependant à une profondeur d'à peu près 1^{m},20. Les différences que présentaient les échantillons de cette parcelle avec ceux des autres parcelles étaient très-frappantes. Le premier différait peu cependant du n° 1 de la parcelle sans engrais, mais le second était plus modifié que celui de la parcelle sans engrais pris à la même profondeur. Les troisième, quatrième, cinquième et sixième échantillons présentaient un aspect très-différent de ceux des deux autres parcelles; l'argile, au lieu d'être d'une teinte uniformément rouge jaunâtre, était beaucoup plus traversée de veines montrant un mélange de jaune, de gris, de rouge et de bleu, dans lesquels le jaune et le gris prédominaient. Cette différence était si sensible que lorsque les échantillons furent réduits en poudre, ils étaient d'un jaune grisâtre au lieu d'être d'un jaune rougeâtre comme les autres, et le plus clair ou le moins jaune était le sixième qui avait été pris à la plus grande profondeur.

Il y avait peut-être naturellement plus d'argile grise dans le sous-sol de cette parcelle que dans celui des autres, mais les différences de texture et d'aspect étaient trop grandes pour qu'on pût les attribuer à cette seule cause. Les couches profondes étaient en outre plus molles, plus onctueuses que les couches correspondantes des autres parcelles, bien qu'ainsi qu'il a été dit plus haut

elles renfermassent une moindre proportion d'eau. En résumé, le sous-sol de cette parcelle paraissait bien plus désagrégé que celui des autres, aussi était-il bien plus facile à travailler, et particulièrement que celui de la parcelle non fumée qui était très-dur.

Ces observations nous conduisent donc à reconnaître que non-seulement les plantes dominantes ont varié dans chacune des parcelles suivant les engrais employés, mais qu'en outre les plus abondantes sur la parcelle sans engrais avaient les racines les moins puissantes et les moins vigoureuses; l'argile du sous-sol était très-peu modifiée, et elle avait cédé très-peu d'humidité aux récoltes. Les graminées si puissamment developpées de la parcelle qui a reçu les engrais minéraux et les sels ammoniacaux, ne puisant leur nourriture que dans les couches supérieures du sol, et, ayant fourni cependant sous l'influence de l'engrais, un accroissement de récolte sensible, ont dû prendre directement par leurs racines l'eau que la capillarité a fait remonter des couches les plus profondes qu'on ait examinées jusqu'à la surface; c'est ce que prouve, au reste, la grande différence d'humidité qu'on observe entre les échantillons de cette parcelle et de celle qui n'a pas été fumée. Les plantes qui se sont développées sur la parcelle 14, qui a reçu le nitrate de soude, avaient une tendance prononcée à enfoncer leurs racines profondément, et nous trouvons le sol desséché à une profondeur considérable, ce qui explique le peu d'effet qu'a produit la sécheresse sur la récolte.

Si nous rappelons que le-sous sol de la parcelle qui a reçu le nitrate de soude est plus modifié que celui de la parcelle qui a été amendé avec des sels ammoniacaux, que de plus la parcelle 14 (nitrate)a été couverte de plantes prenant leur nourriture à une grande profondeur, ce qui leur a permis de résister victorieusement à la sécheresse, nous pourrons en conclure que l'ammoniaque des sels ammoniacaux est retenue bien plus complétement par les couches superficielles que l'acide nitrique des nitrates. Ce dernier, par suite, est plus facilement entraîné par la pluie jusque dans le sous-sol où les racines le suivent, et on conçoit que cet effet se produisant sans interruption pendant quatorze ans ait déterminé une modification sensible du sous-sol de la parcelle 14, tandis que celui de la parcelle 9, qui a reçu les sels ammoniacaux, n'a été que très-incomplétement modifié; on comprend par suite que les plantes à racines profondes aient pris chaque année sur la parcelle 14 un plus grand

accroissement. Il est à remarquer enfin que le *Bromus mollis*, qui bien que bisannuel a pris possession du sous-sol plus complétement qu'aucune autre plante de l'herbage, est très-précoce et qu'il mûrit sa graine généralement avant que la récolte soit coupée.

Ajoutons, en passant, que partout où, dans les expériences de Rothamsted, le nitrate de soude est employé d'une façon continue sur la terre arable, l'apparence des parcelles est très-particulière et reconnaissable à une grande distance. Le sol semble retenir beaucoup plus d'humidité; il est plus compacte, plus plastique que celui des autres parcelles, il est plus difficile à travailler, et ne peut être amené au même état de division que les autres parcelles si on ne lui donne un nouveau labour. On comprendra, d'après cela, que pendant la saison humide la parcelle nitratée et son sous-sol mieux désagrégé conservent plus d'humidité que le sol et l'argile compacte du sous-sol des autres parcelles.

Les considérations précédentes expliquent la résistance à la sécheresse qu'a montrée la parcelle 14 pendant l'année 1870.

Avant d'abandonner ce sujet ajoutons que pendant cette année d'une sécheresse exceptionnelle, une partie de l'herbage située dans le voisinage de la prairie d'expérience a reçu une addition copieuse de fumier d'étable de Londres, sans aucun bénéfice apparent; la récolte était si faible qu'elle valait à peine le fauchage.

Les effets de la sécheresse sur les autres cultures expérimentales ne furent par aussi évidents que ceux que nous venons de rapporter, néanmoins nous y trouverons encore quelques faits importants que nous allons présenter au lecteur.

DEUXIÈME PARTIE.

RÉSULTATS OBTENUS SUR LA CULTURE DU BLÉ.

Le tableau IV donne les quantités de grain, et le produit total grain et paille obtenus dans les expériences continuées sans interruption sur le champ de blé pendant 19 ans, de 1855 à 1870, inclusivement.

1. Sur la parcelle 3, continuellement sans engrais.

2. Sur la parcelle 2, qui recevait 35 tonnes de fumier de ferme par hectare et par an.

TABLEAU IV. — PRODUCTION DU BLÉ SOUS L'INFLUENCE DE DIFFÉRENTS ENGRAIS ET QUANTITÉ DE PLUIE TOMBÉE PENDANT LES QUATRE MOIS DE LA VÉGÉTATION ACTIVE, CHAQUE ANNÉE, PENDANT 19 ANS 1852-1870.

ANNÉES	GRAIN EN HECTOLITRE PAR HECTARE.					PRODUIT TOTAL (GRAIN ET PAILLE) PAR HECTARE.					PLUIE A ROTHAMSTED.				TOTAL.
	PARCELLE 3 — Sans engrais.	PARCELLE 2 — Fumier de ferme.	PARCELLE 7 *a b.* — Engrais minéraux et sels ammoniacaux.	PARCELLE 9 *a.* — Engrais minéraux et nitrate de soude.	MOYENNE.	PARCELLE 3 — Sans engrais.	PARCELLE 2 — Engrais de ferme.	PARCELLE 7 *a b.* — Engrais minéraux et sels ammoniacaux.	PARCELLE 9 *a.* — Engrais minéraux et nitrate de soude.	MOYENNE.	AVRIL.	MAI.	JUIN.	JUILLET.	
						kil.					cent.	cent.			
1852	10.8	23.4	21.6	(1)	18.6	2751	5793	6092	(1)	4879	1.40	4.60	11.75	5.70	23.45
1853	3.6	14.4	18.0	(1)	12.0	1984	5031	5713	(1)	4242	7.50	4.32	9.50	11.25	32.57
1854	18.0	37.8	41.4	(1)	32.7	3915	7980	9216	(1)	7137	1.22	11.95	1.92	2.15	17.24
1855	14.4	31.5	28.8	25.2	27.2	3202	6811	6883	6583	5869	1.02	5.80	4.12	17.42	27.36
1856	10.8	30.6	30.6	27.0	27.2	2744	7385	7567	6601	6074	5.52	11.75	4.75	3.70	25.62
1857	17.1	36.0	39.6	38.7	32 8	3150	6609	6423	7430	6155	5.40	2.75	5.52	4.02	17.67
1858	15.3	35.1	35.1	33.2	29.9	3142	7110	7301	7505	6266	6.45	6.37	2.40	7.97	23.19
1859	13.5	29.7	27.9	23.4	23.6	3613	7921	7652	7925	6778	6.75	6.22	6.80	7.55	27.32
1860	9.9	26.1	21.6	24.3	20.5	2460	5940	5236	7431	5267	4.85	10.75	15.70	5.00	36.30
1861	9 0	30.6	29.7	27.9	24.3	2228	5935	6441	7399	5502	3.20	2.59	7.45	7.97	21.21
1862	13.5	34.2	30.6	37.8	29.0	3034	7439	6880	9786	6784	7.10	7.27	8.52	4.50	27.39
1863	15.3	40.5	49.5	50.4	38.9	3054	8023	10480	10974	8158	2.40	2.52	11.50	1.75	18.17
1864	14.4	36.9	42.3	46.8	35.1	2619	7266	8816	10422	7337	3.12	4.70	4.47	2.25	14.54
1865	11.7	33.3	36.0	39.6	30.1	2084	6132	6898	8470	6022	1 17	7.62	1.60	7.32	17.71
1866	10.8	29.7	26.1	28.8	23.8	2291	6863	6468	8262	5961	4.87	3.10	11.27	7.52	26.76
1867	7.2	24.2	19.8	25.2	19.1	1685	5477	4678	7540	4857	7.05	8.37	2.65	10.25	29.32
1868	14.4	37.8	35.1	42.3	32.4	2270	7609	7075	9128	6520	5.47	1.68	0.92	0.92	8.99
1869	11.7	31.5	23.4	32.4	24.7	2441	6992	5568	8173	5784	5.32	8.07	2.67	2.45	18.31
1870	13.5	34.2	37.8	41.4	31.5	2242	5703	6536	7673	5505	1.15	3.37	2.45	2.80	9.77
Moyennes	12.6	31.5	31.5	34.2(1)	27.4	2695	6737	7019	8216(1)	6054	4.09	5.90	6.07	5.75	21.81

(1) En 1852, 1853 et 1854, on n'a pas employé d'engrais minéraux sur la parcelle 9 *a*, et la quantité de nitrate donnée a été plus faible que celle qui a été donnée depuis; on n'a donc pas inscrit dans le tableau les chiffres des récoltes, et la moyenne de cette parcelle est basée seulement sur les déterminations de 16 années.

3. Sur la parcelle 7, qui recevait, annuellement, des engrais minéraux et 448 kilog. de sels ammoniacaux par hectare.

4. Sur la parcelle 9, qui recevait tous les ans la même quantité d'engrais minéraux que la parcelle 7 et de plus 600 kilog. de nitrate de soude.

Le tableau donne en outre, en regard des produits, la quantité de pluie tombée pendant les mois d'avril, de mai, de juin et de juillet, qu'on peut considérer comme la période de végétation active; de plus, pour rendre les résultats comparables, on a admis que le grain présentait toujours un poids uniforme de 69 kilog. par hectolitre.

Les résultats résumés dans ce tableau ne permettent pas de tirer des conclusions précises sur les conditions climatériques favorables au développement du blé. Ils sont suffisants cependant pour montrer, comme nous nous le proposions, que l'abondance de la récolte est indépendante de la quantité de pluie tombée pendant la période de la végétation active. C'est ce qui va ressortir de la comparaison entre quelques exemples pris dans des conditions très-diverses.

Les quatre années pendant lesquelles il est tombé le plus d'eau durant les quatre mois en question furent 1853, 1855, 1860 et 1867, et, pendant trois de ces saisons sur quatre, la récolte fut des plus médiocres, comme grains et comme paille; la quatrième enfin, 1855, donna un rendement inférieur à la moyenne. D'un autre côté, les trois années de plus haut produit, à la fois comme blé et paille réunis, furent 1856, 1863 et 1864, et toutes les trois ne reçurent pendant les quatre mois de la végétation active qu'une quantité d'eau inférieure à la moyenne. Enfin les deux saisons les plus sèches pendant avril, mai, juin et juillet furent 1868 et 1870; et sur les quatre parcelles, elles donnèrent un rendement en grains supérieur à la moyenne; en 1870 les trois parcelles qui avaient reçu les engrais donnèrent un rendement en paille supérieur à la moyenne, mais il n'en fut pas de même pour la parcelle sans engrais.

De même que dans les récoltes de foin, on remarquera que durant les premières années les engrais minéraux, associés aux sels ammoniacaux, donnèrent un rendement plus abondant à la fois comme blé, et comme produit total que les engrais minéraux et le nitrate de soude, tandis que dans les dernières années ceux-ci fournirent un rendement supérieur, et parfois d'une quantité considérable, à celui qu'on obtint des sels ammoniacaux associés aux engrais minéraux. A quelles causes attribuer ces résultats, à la pénétration plus rapide

et plus complète du nitrate de soude et de ses produits de décomposition dans le sol et le sous-sol? au plus grand pouvoir de retenir l'humidité acquise par le sous-sol à la suite de ces réactions? à un développement plus actif des racines au printemps sous l'influence de ces engrais? c'est ce qu'il nous est impossible de préciser, car, malheureusement, aucune détermination d'humidité dans le sol de ces deux parcelles, aucun examen du développement des racines n'a été exécuté dans le but de répondre aux questions précédentes. On remarquera cependant que tandis que les sels ammoniacaux sont répandus à l'automne avant les semailles, le nitrate de soude est employé en couverture en mars. Or, on sait que le nitrate de soude ou l'acide nitrique en combinaison avec une autre base pénètre plus rapidement dans le sous-sol, et que dans des conditions semblables d'humidité il est plus susceptible d'être entraîné dans le sous-sol jusqu'aux drains, que l'ammoniaque ou les sels ammoniacaux; aussi ne l'applique-t-on qu'au commencement de la période où la végétation est dans toute son activité, quand la plante est susceptible de s'en emparer. On sait également qu'une partie de l'ammoniaque des sels ammoniacaux se transforme elle-même en acide nitrique et devient alors susceptible d'être perdue par le drainage; les causes de déperdition de ces deux variétés d'engrais ne sont donc pas identiques, mais nous n'avons pas encore de renseignements suffisantspour apprécier la perte qui peut résulter de cette transformation.

Bien qu'il reste donc beaucoup de questions que nous ne puissions pas résoudre en ce qui touche la culture du blé, nous avons cependant quelques résultats dignes d'intérêt au sujet des variations dans la quantité d'humidité que présente le sol suivant les saisons, l'engrais et la vigueur de la récolte.

La sécheresse et la chaleur qui régnèrent pendant les mois de mai, de juin et de juillet 1868, furent telles qu'il est impossible d'imaginer des conditions plus favorables pour étudier l'influence de l'absence de pluie sur le sol que celles qui se rencontrèrent pendant l'été de cette année. A la fin de juillet, au moment où la moisson allait commencer, des échantillons de terre furent pris dans le champ d'expériences du blé dans le but de déterminer la quantité d'humidité qui y était contenue à diverses profondeurs.

Les parcelles choisies furent :

N° 3. Sans engrais depuis 1869.

N° 2. Amendée avec 35 000 kilog. de fumier de ferme à l'hectare chaque année.

N° 8 *a*. Qui avait reçu des engrais minéraux et 672 kilog. de sels ammoniacaux par hectare chaque année.

Nous avons décrit plus haut la méthode employée pour prélever les échantillons, nous n'y reviendrons pas, puisqu'il n'y eut d'autre changement que la hauteur des cadres de fer qui était seulement de 7c.,5 au lieu de 22c,5; nous avons pu ainsi déterminer la quantité totale d'humidité dans les tranches de 7c.,5 jusqu'à une profondeur totale de 90 centimètres, à laquelle se trouvent les drains.

Le sous-sol de la ferme est une argile rouge jaunâtre médiocrement tenace qui repose sur le calcaire, les récoltes de céréales y souffrent rarement de la sécheresse. A l'époque où l'on préleva les échantillons, le blé n'avait pâti que légèrement du manque de pluie comme on le verra plus loin, mais l'orge et l'avoine ne donnèrent que des récoltes des plus faibles, et des fèves dans un champ voisin furent si mauvaises par suite du manque d'eau, qu'il fallut les retourner.

Pour bien mettre en lumière les différences dans les quantités d'eau que le sol peut retenir, pour établir la comparaison avec les échantillons prélevés au moment de l'extrême sécheresse, d'autres échantillons furent pris dans les mêmes parcelles en janvier 1869; après une pluie persistante de dix jours, les drains débitaient une quantité d'eau sensible et on pouvait supposer que le sol était saturé, car il faisait tellement humide au moment de la prise d'échantillon, qu'il fallut mettre des planches sur le sol pour que les hommes pussent continuer leur travail.

Le tableau V donne les quantités d'humidité contenues dans 100 parties de terre, d'abord pour les trois parcelles en expérience pendant la sécheresse, ensuite pendant la période d'extrême humidité; nous avons de plus disposé les résultats appartenant à la même parcelle à côté les uns des autres, pour faciliter la comparaison et en déduire les différences.

Il est évident que la quantité d'eau contenue à différentes profondeurs en juillet 1868, après trois mois environ de sécheresse, dépend de ce qui avait été accumulé d'humidité pendant l'hiver et le printemps précédent, mais elle est aussi déterminée à une plus ou moins grande distance de la surface, par l'état de porosité du sol, par son pouvoir absorbant, et par l'influence qu'ont exercée les fumures

TABLEAU V. — HUMIDITÉ CONTENUE DANS 100 PARTIES DE TERRES PRISES A DIFFÉRENTES PROFONDEURS PENDANT L'HIVER ET L'ÉTÉ DANS LES PARCELLES DU CHAMP D'EXPÉRIENCES DU BLÉ AMENDÉES AVEC DIFFÉRENTS ENGRAIS.

Nos des échantillons pris successivement à des profondeurs de 7 c.	ÉCHANTILLONS RECUEILLIS EN JUILLET 1868.				ÉCHANTILLONS RECUEILLIS DU 6 AU 9 JANVIER 1869.				PARCELLE 3. — Sans engrais.			PARCELLE 2. — Fumier de ferme.			PARCELLE 8 a. — Engrais minéraux et sels ammoniacaux.		
	Parcelle 3. — Sans engrais.	Parcelle 2. — Fumier de ferme.	Parcelle 8 a. — Engrais minéraux et sels ammoniacaux.	MOYENNE	Parcelle 3. — Sans engrais.	Parcelle 2. — Fumier de ferme.	Parcelle 8 a. — Engrais minéraux et sels ammoniacaux.	MOYENNE	recueilli en juillet 1868.	recueilli en janvier 1869.	DIFFÉRENCE.	recueilli en juillet 1868.	recueilli en janvier 1869.	DIFFÉRENCE.	recueilli en janvier 1868.	recueilli en juillet 1869.	DIFFÉRENCE.
1	4.05	4.48	4.31	4.28	21.43	39.67	26.53	29.21	4.05	21.43	17.38	4.48	39.67	35.19	4.31	26 53	22.22
2	7.20	7.01	6.07	6.76	24.54	35.62	22.93	27.70	7.20	24.54	17.34	7.01	35.62	28,61	6.07	22.93	16.86
3	8.91	7.38	6.66	7.65	24.35	28.85	20.62	24.61	8.91	24.35	15.44	7.38	28.85	21.47	6.66	20.62	13.96
4	10.65	8.14	8.45	9.08	21.41	23.95	24.07	23.14	10.65	21.41	10.76	8.14	23.95	15.81	8.45	24.07	15.62
5	11.24	9.98	12.44	11.22	22.07	20.59	24.84	22.50	11.24	22.07	10.83	9.98	20.59	1061	12.44	24.84	12.40
6	13.20	12.26	14.34	13.27	21.48	21.07	24.79	22.45	13.20	21.48	8.28	12.26	21.07	8.81	14.34	24.79	10.45
7	14.03	12.51	15.20	13.91	21.82	26.96	28.69	24.16	14.03	21.82	7.79	12.51	26.96	14.45	15.20	23.69	8.49
8	15.09	12.91	16.86	14.95	23·59	24,87	28.98	25.81	15.09	23.59	8.50	12.91	24.87	11.96	16.86	28.98	12.12
9	16.84	13.78	17.98	16.20	24.74	25.75	27.01	25.83	16.84	24.74	7.90	13.78	25.75	11.97	17.98	27.01	9.03
10	18.03	13.45	18.53	16.67	25.71	25.34	28.59	26.55	18.03	25.71	7.68	13.45	25.34	11.89	18.53	28.59	10.06
11	14.64	14.49	17.67	15.60	23.97	25.18	28.93	26.03	14.64	23.97	9.33	14.49	25.18	10.69	17.67	28,93	11.26
12	15.44	16.11	16.85	16.13	22.94	22.75	27.40	24.36	15.44	22.94	7.50	16.11	22.75	6.64	16.85	27.40	10.55
Moyenne	12.44	11.06	12,95	12.14	23.17	26.71	25.70	25.13	12.44	23.17	10.73	11.04	26.71	15.67	12.95	26.70	12,75

précédentes, les engrais et la nature des récoltes; par les drains qui se trouvent à une profondeur de 75 centimètres; enfin par l'abondance de la récolte couvrant le sol qui, d'une part, empêchait son évaporation directe, mais d'autre part, jetait dans l'air, une masse d'eau considérable par suite de la transpiration qui accompagne le développement de la plante.

Le sol de la parcelle 3, qui n'a pas reçu d'engrais, n'a produit que peu de racines tendant à désagréger le sol et à augmenter son pouvoir absorbant; il n'était préservé contre l'évaporation directe que très-incomplétement par les plantes chétives qu'il portait et bien que sa récolte n'évaporât que médiocrement, il retient une moindre proportion d'eau que chacun des autres dans la couche superficielle, mais en revanche il en renferme plus qu'eux dans les 22[cc],5 suivants. Dans cette parcelle comme dans les autres, la quantité d'humidité augmente avec la profondeur jusqu'au point où l'influence des drains se fait sentir.

Le sol de la parcelle 2, qui a été engraissé avec 35000 kilog. de fumier à l'hectare pendant vingt-cinq ans, renferme plus d'eau dans la première tranche prise à 7[c],5 de la surface que le sol sans engrais, malgré les plus grandes exigences de la récolte, résultat dû peut-être en partie, mais non entièrement, à ce qu'il est mieux couvert; mais à partir de cette tranche le sol a perdu, sous l'influence de la vigoureuse récolte qu'il portait, plus d'eau que celui de la parcelle 2, à l'exception toutefois de la dernière tranche.

Le sol de la parcelle 8, amendé chaque année avec des engrais minéraux et des sels ammoniacaux et produisant presque uniformément une meilleure récolte que la parcelle au fumier, renferme un peu moins d'eau dans les trois premières tranches que le sol de la parcelle 2, mais un peu plus dans la quatrième. A partir de cette tranche, la parcelle 8 *a* renferme plus d'eau que les deux autres, bien que sa récolte ait été habituellement trois fois plus forte que celle qu'on a tirée de la parcelle sans engrais.

En supposant que les trois parcelles eussent exactement la même nature de sol et de sous-sol, et aient contenu la même quantité d'eau jusqu'à une profondeur déterminée au commencement de la végétation, nous pouvons comprendre que lorsque les plantes seront arrivées à tout leur développement, le sous-sol de la parcelle qui a reçu le fumier de ferme et qui a donné une récolte trois fois supérieure à celle de la parcelle non fumée, renferme moins d'eau. Mais

nous ne comprenons plus pourquoi le sol de la parcelle 8 *a*, qui a donné une récolte supérieure à celle qui a reçu le fumier de ferme, renferme plus d'eau, non-seulement que la parcelle 2, mais même que celui de la parcelle 3, qui est restée sans engrais. Les différences entre ces parcelles sont faibles en réalité. Mais il y a trop de constance dans les résultats pour supposer que ces différences soient dues à des erreurs de pesée ou d'étiquetage. Toutefois, on pourra peut-être se rendre compte de ces différences en remarquant que les résultats obtenus sur les sols et les sous-sols saturés d'humidité font supposer qu'au moment où la végétation a commencé à se développer sur les trois parcelles, celles-ci ne renfermaient pas la même quantité d'eau. Le sol sans engrais quand il est saturé, contient jusqu'à la profondeur examinée un quart de son poids d'eau, à peu près deux fois autant que lorsqu'il est sec; les variations dans les quantités trouvées sont beaucoup moindres que lorsqu'on l'examine après la sécheresse, mais en revanche ces variations sont très-irrégulières. La tranche superficielle contient beaucoup moins d'eau que la seconde ou la troisième; puis à mesure qu'on prend des couches à une plus grande profondeur, on remarque que la quantité d'eau s'accroît; elle diminue ensuite, pour augmenter de nouveau jusqu'au voisinage des drains, dont l'influence se fait sentir par une diminution sensible.

La parcelle fumée, avec son accumulation considérable de matières organiques et son plus grand état de désagrégation de porosité et de pouvoir d'absorption pour l'eau dans les échantillons 1 et 2, renferme une fois et demie autant d'eau que les deux premières tranches du sol non fumé et même que celles de la parcelle amendée avec des sels ammoniacaux et des engrais minéraux. La troisième tranche contient plus que les tranches semblables des deux autres parcelles et la quatrième plus que la tranche n° 4 de la parcelle non fumée et autant que celle qui lui correspond dans la parcelle 8 *a*. Les quantités continuent à diminuer dans la tranche n° 5, puis éprouvent un nouveau maximum jusqu'à la dernière tranche voisine du drain qui renferme moins d'eau. Jusqu'à la profondeur examinée, le sol fumé contient plus d'un quart de son poids d'eau, environ 3 1/2 p. 100 de plus que la parcelle sans engrais, et 1 p. 100 de plus que celle qui a reçu les sels ammoniacaux.

Le sol qui a reçu les engrais minéraux et les sels ammoniacaux retient aussi beaucoup plus d'eau à la surface qu'à la partie située

immédiatement au-dessous. Ensuite la quantité d'eau augmente plus ou moins régulièrement jusqu'à la partie qui est soumise à l'influence directe des drains. On remarquera, en outre, que soit que l'argile qui constitue cette parcelle ait un plus grand pouvoir de retenir l'eau, soit que les produits de décomposition des engrais aient exagéré cette disposition, les couches inférieures de cette parcelle retiennent plus d'eau que les couches correspondantes des autres parcelles en expérience. La quantité d'eau totale jusqu'à la profondeur examinée a été de 2 1/2 p. 100 supérieure à celle de la parcelle sans engrais; mais en même temps elle était inférieure à celle de la parcelle qui a reçu le fumier de ferme (1).

Comme on pouvait s'y attendre, on constate de plus grandes irrégularités dans les quantités d'eau contenues dans les différentes parcelles, à diverses profondeurs, dans les échantillons recueillis au moment où les sols étaient saturés, que dans ceux qui ont été pris pendant la sécheresse; elles sont dues sans doute à l'inégale perméabilité du sol, mais aussi à la difficulté des opérations, prise d'échantillon et pesée, dans un sol gorgé d'humidité.

Si nous laissons de côté cependant ces irrégularités, et si nous ne considérons que l'ensemble, il est clair que l'augmentation d'humidité dans les couches superficielles est due à l'action des pluies tombées récemment; quant aux couches intermédiaires, elles ont laissé écouler l'eau dans les couches plus profondes qui présentent un maximum jusqu'aux points où, sous l'influence des drains, la quantité d'eau diminue.

Plus tard, l'évaporation de la surface, la filtration naturelle du sous-sol, l'action des drains ont réduit les proportions exagérées trouvées en janvier 1868 à ce qu'on pourrait nommer la quantité d'eau normale du sol, mais il y a de bonnes raisons de supposer que sous l'influence des engrais ou de leurs produits de décomposition les parcelles 2 et 8 *a* ont acquis une facilité à retenir l'humidité plus grande que celle que possède le sol de la parcelle sans engrais, avec cette différence que dans la parcelle qui a reçu le fumier de ferme ce sont les couches supérieures qui conservent le plus d'eau, tandis que, pour la parcelle amendée avec les sels ammoniacaux, le maximum se rencontre dans les couches inférieures.

(1) Voyez page 25, le tableau représentant l'azote contenu dans les eaux de drainage de ce champ; on remarque que le drain placé sous la parcelle fumée avec du fumier de ferme reste sec lorsque les autres débitent une quantité d'eau notable.



La comparaison entre les quantités d'eau contenues dans les trois parcelles saturées et sèches se trouve dans la moitié à droite du tableau V.

En examinant d'abord le sol sans engrais, on reconnaît une différence de plus de 17 p. 100 d'humidité entre les couches superficielles des deux échantillons. Les différences diminuent ensuite, elles tombent à 10 p. 100 pour les couches 4 et 5 et oscillent entre 8 et 9 p. 100 dans les couches plus profondes; la différence totale pour la couche examinée est de 10,73 p. 100.

Les différences constatées dans la parcelle fumée, sèche et saturée d'eau, sont beaucoup plus grandes; elle est pour la première couche de 7c5 de 35 p. 100, dans la couche n° 2 de 29 p. 100, dans la troisième elle dépasse 21 p. 100 et dans la quatrième elle est de près de 16 p. 100; elle diminue ensuite. Si on ne considérait que les couches superficielles jusqu'à 30 centimètres, les différences seraient de 25 p. 100, mais si on examine l'ensemble il y a seulement 15 1/2 p. 100 plus d'eau dans le sol saturé que dans le sol sec.

Le sol qui a reçu les engrais artificiels accuse des différences plus grandes que celles qu'on constate dans la parcelle sans engrais, mais moindres que celles qu'on a trouvées dans la parcelle qui a reçu le fumier de ferme, en résumé il y a 13 p. 100 d'eau en plus dans le sol saturé que dans le sol sec.

Calculons maintenant la quantité totale d'eau contenue dans le sol d'un hectare en nous appuyant sur les dosages précédents. Si nous admettons que la terre d'un hectare dépouillée de pierres pèse environ un million de kilogrammes pour une épaisseur de 7c,5 nous avons un poids de 12 millions de kilogrammes pour le poids du sol sec jusqu'à l'épaisseur de 90 centimètres, et en ajoutant un huitième en plus pour l'humidité nous trouvons 13 500 000 kil. pour son poids jusqu'à cette épaisseur de 90 centimètres. Admettons ces données et la quantité moyenne d'eau dans un hectare de chacune des parcelles sera représentée par le tableau VI.

Ainsi nous avons dans la parcelle sans engrais 1925 tonnes d'eau, dans la parcelle fumée 2548 et dans celle qui a reçu les engrais artificiels 2135 tonnes d'eau de plus quand les sols sont saturés que lorsqu'ils sont secs. Ainsi qu'il a été dit déjà, les sols ne renferment pas une aussi grande proportion d'eau au commencement de la période d'activité de la végétation. Mais en supposant seulement que les sols retinssent les deux tiers des quantités précédentes avant le

commencement de la sécheresse au moment où la végétation s'est réveillée en 1868, la parcelle non fumée renferme de quoi subvenir amplement à sa récolte, et les quantités trouvées dans les parcelles 2 et 8, contribuent dans une forte proportion à satisfaire les besoins des plantes qu'elles ont portées en admettant que celles-ci exhalent 300 parties d'eau pendant qu'elles élaborent une partie de matière sèche. En outre, la quantité d'eau disponible pour la récolte que renferme le sol n'est pas limitée à l'épaisseur que nous avons examinée, les couches plus profondes contribuent pour leur part à la dépense totale, et enfin la quantité de pluie tombée pendant la période d'activité de la végétation entre aussi pour une faible part dans la dépense totale que la transpiration fait subir aux végétaux.

TABLEAU N° VI.

	JUILLET 1868 — Sol sec.	JANVIER 1869 — Sol saturé.	DIFFÉRENCE.
TONNES D'EAU PAR HECTARE JUSQU'À UNE PROFONDEUR DE 90 CENTIMÈTRES.			
Parcelle 3, sans engrais	1665	3490	1925
Parcelle 2, avec fumier de ferme	1477	4025	2548
Parcelle 8 *a*, avec engrais minéraux et sels ammoniacaux	1735	3872	2135
DIFFÉRENCES DE L'EAU CONTENUE PAR HECTARE DANS LES PARCELLES 2 ET 8 *a* ET LA PARCELLE 3, ÉVALUÉES EN TONNES.			
Parcelle 2, avec fumier de ferme	— 188	+ 535	723
Parcelle 3, avec engrais minéraux et sels ammoniacaux	+ 70	+ 382	312

Il ressort des résultats précédents ce fait très-remarquable que la nature des engrais influe singulièrement sur les quantités d'eau retenues par le sol des parcelles saturées d'humidité. Le sol et le sous-sol de la partie non-fumée, très-peu désagrégés par la pénétration et la décomposition des racines, absorbent et retiennent moins d'eau que ceux des parcelles fumées. Le sol et le sous-sol de la parcelle qui a reçu les engrais artificiels sont rendus plus absorbants non-seulement par une plus grande abondance de racines, mais aussi par la dissolution des parties solubles des engrais, surtout dans le

couches profondes; enfin la parcelle fumée, avec son énorme accumulation de matières organiques à la surface, avec les produits de décomposition du fumier divisés à l'infini, avec un développement considérable de racines, retient une quantité d'eau plus considérable que les autres, surtout près de la surface.

Ainsi que nous l'avons vu dans un précédent article (page 25 de ce volume), il arrive souvent que tandis que tous les drains placés sous les parcelles sans engrais ou amendés avec des engrais artificiels, coulent aisément, le drain placé sous la parcelle non fumée reste sec, et il en faut conclure que l'application des engrais, les façons données au sol, peuvent augmenter son pouvoir de retenir l'eau à un degré suffisant pour que les travaux de drainage perdent beaucoup de leur intérêt.

N'avons-nous pas aussi, dans le fait que le sol et le sous-sol à une profondeur considérable sont fréquemment saturés d'eau, en hiver, l'explication du moindre effet que produit une quantité donnée d'azote appliquée en automne sous forme de sel ammoniacal, qu'une quantité égale donnée au printemps sous forme de nitrate de soude? Bien que l'ammoniaque des sels ammoniacaux soit en grande partie absorbée par les couches superficielles, il est reconnu qu'une partie de cette ammoniaque se convertit en acide nitrique et gagne les drains sous forme de nitrates, et il est évident que, toutes choses égales d'ailleurs, la quantité ainsi perdue sera d'autant plus grande qu'il y aura plus d'eau qui traversera le sol. Le professeur Voelcker, qui a analysé plusieurs des échantillons d'eau recueillis à différentes époques au champ d'expériences de Rothamsted, y a trouvé d'autant plus d'acide nitrique qu'on avait donné plus de sels ammoniacaux comme engrais.

Une autre raison qui peut rendre compte du moindre effet obtenu de l'emploi des sels ammoniacaux que du nitrate de soude renfermant l'un et l'autre la même quantité d'azote et distribués en même temps, est que les nitrates se diffusent plus rapidement sous l'influence de la pluie que ne le peut faire l'ammoniaque, et que par suite le développement des racines est plus actif sous l'influence des nitrates; les plantes prennent ainsi possession du sol plus complétement et y puisent dans un temps donné plus de nourriture et d'humidité. Peut-être enfin peut-on conclure des résultats insérés dans les pages précédentes qu'en employant tous les ans sans interruption le nitrate de soude comme engrais, on augmente peu à peu

la porosité du sol qui le reçoit, on le rend capable d'absorber plus d'humidité et par suite on favorise ainsi un développement plus complet des racines.

(*La fin au prochain fascicule.*)

DE L'ACHAT DES BETTERAVES

BASÉ SUR LA DENSITÉ DU JUS

EXAMEN DES DONNÉES EXPÉRIMENTALES SUR LESQUELLES REPOSE L'ACHAT A LA DENSITÉ

PAR

M. DURIN

Ancien fabricant de sucre, attaché au laboratoire de culture au Muséum d'histoire naturelle.

Les fabricants de sucre et les distillateurs n'achètent guère leurs betteraves qu'au poids et à un prix fixé d'avance quelle qu'en soit la qualité. Cependant leur richesse en sucre est extrêmement variable et passe souvent du simple au double; les seules précautions prises par les acheteurs consistent à imposer aux cultivateurs une graine choisie par eux, et à proscrire certains terrains et quelques engrais. Ces mesures insuffisantes par elles-mêmes sont souvent rendues illusoires par la résistance de la culture aux conseils et aux demandes de l'industrie. Cette résistance est fâcheuse; au lieu de se considérer en quelque sorte comme solidaires l'une de l'autre, l'industrie et la culture agissent comme ennemies, et en effet leurs intérêts semblent aujourd'hui être opposés, car habituellement la richesse du produit n'est obtenue qu'aux dépens de la quantité récoltée. Un certain nombre de moyens de concilier les exigences réciproques des vendeurs et des acheteurs ont été indiqués par des praticiens expérimentés, mais ils ne sont pas entrés suffisamment dans la pratique agricole.

Il y a cependant une grande utilité à trouver et à mettre en usage un procédé rapide et suffisamment approximatif de déterminer la valeur industrielle de la betterave dont le prix serait fixé par sa richesse. La prise de la densité du jus paraît être l'indication la plus facile, elle est de plus, comme nous allons le voir, d'une exactitude satisfai-

sante (1) et un chimiste éminent qui a contribué par de nombreux travaux à éclairer toutes les questious qui touchent à l'industrie sucrière, M. Péligot, a présenté ce mode d'achat dès 1853 (2). De nombreuses objections ont été faites à ce procédé, mais elles ont été répétées un peu légèrement et sans sérieux examen. Il est certain que la densité n'est pas un procédé de dosage absolu, mais il est également certain que les écarts sont renfermés dans des limites assez étroites, et que les erreurs d'appréciation possibles, n'approcheront jamais des énormes différences auxquelles les industriels sont exposés par la simple pesée. Nous essayerons de répondre par avance aux objections et de démontrer par de nombreux exemples l'avantage de prendre la densité pour base des achats. Nous étudierons en même temps quels sont les écarts les plus grands qui pourront se rencontrer, et après avoir établi nos moyennes, nous les rendrons plus faciles à suivre dans leur ensemble en construisant une courbe dont les éléments seront fournis par de nombreuses analyses.

I. — De l'influence qu'exercent les sels sur la densité du jus.

La principale objection faite à la mesure de la richesse par la densité repose sur la présence des sels minéraux dans le jus de betteraves, sels qui suivant l'expression employée donneraient dans certaines circonstances et dans certains pays une densité factice. Aussi les chimistes voulant se rendre compte d'une manière plus certaine de la valeur réelle des betteraves, comparent-ils la richesse en sucre du jus avec la quantité de sels qu'il renferme et ils tirent de ce rapport une indication importante. Mais ces opérations délicates ne sont pas du domaine de la pratique industrielle, et en outre, elles obligent, pour donner un résultat, à doser le sucre en même temps que les sels. Enfin les conclusions à tirer de ces analyses ne sont pas complètes; toute la classe importante des impuretés organiques est entièrement négligée. On sait combien ces produits sont à re-

(1) Nous devons faire observer que le climat et la nature du sol peuvent infirmer nos conclusions, aussi nous n'osons pas leur accorder une valeur générale; bien qu'il soit probable que les résultats ne varieraient guère, nous n'en répondons que pour le Nord et le Pas-de-Calais.

(2) Voyez *Annales de chimie et de physique*, t. V, page 132, 1875.



douter dans la fabrication, et combien leurs proportions sont variables. MM. Fremy et Dehérain ont constaté que les matières azotées de la betterave varient de 4.50 à 19.80 p. 100 de matière sèche, et que les plus grandes quantités de matières azotées coïncident généralement avec la plus faible richesse. Dans le cours de cette note, nous reviendrons sur ces importantes études, car elles s'accorderont avec d'autres observations pour indiquer au fabricant au-dessous de quelle densité il doit refuser sa betterave pour que son traitement reste rémunérateur et pour que les indications de la densité ne soient pas trompeuses.

Des rapports entre les quantités de sels et les quantités de sucre qui existent dans les betteraves. — Nous allons d'abord examiner si la connaissance des sels, en admettant même que leur dosage soit industriel, peut donner la mesure de la richesse de la betterave d'une manière complète, et ensuite si les quantités de sels sont assez variables pour entacher d'importantes erreurs les indications de la densité. Nos remarques seront appuyées sur environ 150 analyses comprenant les sels et le sucre contenus dans le jus de betteraves prises à diverses époques et provenant de cultures variées. Nous devons une partie de ces précieux documents à M. Woussen, qui a bien voulu nous en donner communication. D'autres dosages qui se rapportent à des betteraves plus riches, nous ont été fournis par divers fabricants qui se trouvent dans d'autres conditions que celles qui se rencontrent dans le Pas-de-Calais. Nous avons classé tous ces chiffres en tableau de manière à en tirer les enseignements utiles.

TABLEAU I. — SUCRE ET SELS CONTENUS DANS UN LITRE DE JUS DE BETTERAVES, DE DENSITÉS CROISSANTES ET RAPPORT DE CES ÉLÉMENTS.

NOMBRE D'ANALYSES.	SÉRIE DE DENSITÉS.	DENSITÉ MOYENNE.	SUCRE par LITRE DE JUS.	SELS par LITRE.	RAPPORT DU SUCRE AUX SELS.	
					Sucre.	Sels.
			gr.	gr.		
10	— 1040	1035	60.80	9.70	6 87	1
20	1040 à 1045	1042.1	83.88	8.06	10.50	1
35	1045 à 1050	1047.3	96.00	8.02	12.30	1
28	1050 à 1055	1052.5	107.00	8.20	13.40	1
29	1055 à 1060	1057	118.60	7.50	14.33	1
26	+ 1060	1063.7	137.30	8 39	16.90	1

A l'examen de ce tableau, nous voyons d'abord que ce sont les

betteraves les plus pauvres qui contiennent le plus de sels par litre de jus, la progression des sels concorde donc avec la plus grande quantité de matières azotées dans les betteraves pauvres constatée par MM. Frémy et Dehérain.

Une autre remarque importante à faire, puisqu'elle nous permet de préjuger l'influence à peu près uniforme des sels sur la densité, est que, de 1040 à 1069, la quantité de cendres par litre est presque constante quelle que soit la densité du jus. On peut donc considérer les proportions de cendres comme pratiquement constantes, et il n'est pas imprudent d'attribuer aux sels une influence sensiblement uniforme sur la densité dans toutes les betteraves. En partant de ce point de vue et en appréciant la variation du sucre, nous devons trouver un rapport progressif du sucre aux sels au fur et à mesure de l'accroissement des densités. En effet, d'après le tableau ci-dessus, ce rapport de 6.87 pour le jus au-dessous de 1040, devient 10.50 de 1040 à 1044; 12.30 de 1045 à 1050; 13.40 de 1050 à 1055; 14.33 de 1055 à 1060; 16.90 de 1060 à 1069.

Des quantités maxima et minima de sels contenus dans les jus et du quotient de pureté. — Mais il ne suffit pas d'avoir indiqué des moyennes de sels, ces moyennes pourraient être formées de chiffres différant tellement entre eux que la moyenne ne serait pas applicable aux essais individuels des betteraves, nous avons donc tracé un autre tableau des écarts maxima et minima sur cette moyenne. Il est utile, en outre, de remarquer que les écarts que nous indiquerons sont des exceptions presque uniques dans chaque série et que les variations ordinaires ne dépassent guère *un dixième* au-dessus ou au-dessous des moyennes. Ces variations sont négligeables en pratique puisque l'essai des betteraves en industrie se fera sur un nombre considérable d'échantillons et que les moyennes alors seront justes, et les essais particuliers très-approximatifs.

Ce tableau, comme nous le disions, est composé d'exceptions très-rares qui nous fourniront plus tard le moyen d'apprécier les plus grandes erreurs que ces écarts pourront faire commettre. Nous avons aussi introduit deux colonnes intitulées *quotient de pureté*, nous y reviendrons plus loin et en déduirons des corollaires, nous nous contentons en ce moment d'indiquer la signification de cette expression : quotient de pureté.

TABLEAU II.

DENSITÉ.	MAXIMUM DE SELS.	QUOTIENT DE PURETÉ.	DENSITÉ.	MINIMUM DE SELS.	QUOTIENT de pureté.	ÉCARTS SUR LES MOYENNES.	
						Maximum.	Minimum.
1033	14.07	0.56	1033.5	6.48	0.86	4.37	3.22
1042	9.99	0.70	1040	6.03	0.82	1.93	2.03
1046	10.71	0.80	1046	5.22	0.825	2.69	2.80
1051.8	11.07	0.70	1054.7	5.40	0.83	3.05	2.80
1055.4	11.0[illegible]	0.66	1056	5.85	0.80	3.84	1.65
1061.5	11.34	0.778	1068.6	7.11	0.84	3.15	1.19

Les Allemands sont les premiers qui l'aient employé, on l'établit de la manière suivante :

Si les matières solubles diverses du jus de betteraves étaient uniquement du sucre, la richesse en sucre serait facile à obtenir par la prise de densité, en sachant combien une quantité de sucre connue, en dissolution dans une quantité connue d'eau et occupant un volume déterminé, indique de degrés au densimètre; or, 26^{gr},30 de sucre pur dissous dans l'eau et amenés au volume de 1 litre pèsent 1010 ou 101 ou, pour abréger, 1 degré (c'est-à-dire l'excès de la densité de 100^{cc} sur l'eau). Il suffit donc de multiplier le nombre de degrés trouvé au densimètre par 26.30 pour avoir la richesse en sucre en supposant que toutes les matières pesantes soient du sucre. Si d'autre part on fait le dosage direct du sucre, et qu'on divise le chiffre réel par la valeur supposée, on a leur rapport ou le *quotient de pureté*. Exemple :

1035 ou 3°5 = 3.5 × 26.30 = 9.20 représentation des matières pesantes en sucre.
Sucre réel 6.08
Quotient de pureté $\frac{6.08}{9.20} = 0.66$.

On peut remarquer que les quotients de pureté dans les colonnes du tableau sont d'autant plus faibles que la proportion de sel est plus élevée, nous voyons donc par ce premier aperçu que les indications dues à la densité sont dans le même sens que le rapport des sels.

Nous pouvons résumer ce que nous avons indiqué jusqu'à présent en disant que si le rapport du sucre aux cendres progresse avec la densité du jus, cette progression est due surtout à l'accroissement du sucre, les autres matières pesantes restant à peu près sta-

tionnaires, et même diminuant un peu. S'il n'y avait pas de matières organiques étrangères au sucre, les cendres étant sensiblement constantes, la richesse en sucre serait alors proportionnelle à la densité et, abstraction faite des matières organiques, la densité donnerait des indications à peu près aussi certaines que le dosage des cendres. Comme la densité est d'une application simple et rapide, tandis que le dosage des sels exige un laboratoire et l'habitude des manipulations chimiques, on doit préférer à tous points de vue la première de ces deux méthodes.

La connaissance des cendres est très-utile, au reste, au fabricant de sucre, car elle lui donne un point de départ fixe pour apprécier les épurations successives du jus pendant le travail.

Des relations qui existent entre les quantités de sels introduits dans l'eau et la densité du liquide évaluée en degrés du densimètre. — Pour terminer l'étude de l'influence des sels sur la densité, nous examinerons quelle est la densité moyenne approximative que donnent les sels contenus le plus généralement dans les cendres de la betterave, pour la moyenne de chaque série et pour les points les plus élevés et les plus bas de ces mêmes séries; nous aurons ainsi un indice de la densité *factice* que peuvent donner les sels dans les conditions les plus défavorables.

TABLEAU III. — DENSITÉS ET DEGRÉS DU DENSIMÈTRE DE SOLUTIONS SALINES DE CONCENTRATIONS CROISSANTES.

QUANTITÉS DE SELS PAR LITRE.	DENSITÉ EXPRIMÉE EN POIDS.	DENSITÉ EXPRIMÉE EN DEGRÉS ou fractions de degrés.
Grammes.		
1	1000.72	0°.072
2	1001.44	0°. 14
3	1002.16	0°. 22
4	1002.88	0°. 29
5	1003.60	0°. 36
6	1004.32	0°. 43
7	1005.04	0°. 50
8	1005.76	0°. 57
9	1006.48	0°. 65
10	1007.20	0°. 72
11	1007.92	0°. 79
12	1008.64	0°. 86
13	1009.36	0°. 94
14	1010.08	1°. 01
15	1010.80	1°. 08

Une solution saline, composée à peu près des sels trouvés dans les cendres de betteraves, nous a donné les indications précédentes (1).

A l'aide des éléments qui précèdent, nous avons formé le tableau des écarts maxima et minima des sels et de la densité que ces écarts accuseraient.

Tableau IV. — Erreur que le maximum ou le minimum de sels fait commettre dans l'appréciation de la richesse par la densité.

	Densité de l'échantillon.	Sels maximum par litre.	Sels minimum par litre.	Écart entre les points extrêmes.	Écart sur la moyenne des sels de la série.	Densité donnée par l'écart extrême.	Densité de l'écart comparé à la moyenne.
1re série en dessous de 1040	1033 1039.5	14.07	6.48	7.59	4.37 3.22	0°.54	0°.03 0°.23
2e série de 1040 à 1045...	1042 1040	9.99	6.03	3.96	1.93 2.03	0°.23	0°.14 0°.15
3e série de 1045 à 1050....	1046 1046	10.71	5.22	5.49	2.69 2.80	0°.40	0°.20 0°.20
4e série de 1050 à 1055....	1051.8 1054.7	11.07	5.40	5.67	2.87 2.80	0°.42	0°.21 0°.20
5e série de 1055 à 1060.....	1055.4 1056	11.34	5.85	5.49	3.84 1.65	0°.40	0°.26 0°.12
6e série de 1060 et au-dessus.	1061.5 1063.6	10.26	7.11	3.15	1.96 1.19	0°.22	0°.11 0°.08

On remarque d'abord à l'examen du tableau que les plus grandes variations dans les sels existent dans les séries les plus faibles en densité et les moins riches en sucre; donc l'importance plus grande des sels, concordant avec l'abondance exceptionnelle des matières azotées dans ces mêmes faibles densités, constatée par MM. Fremy et Dehérain, doit indiquer aux industriels que les betteraves au-dessous de 1040 à 1045 doivent être rejetées absolument; car, indépendamment de la question de frais de fabrication que nous exami-

(1) La solution saline que nous avons composée pour évaluer les erreurs que les sels peuvent faire commettre était formée ainsi :

Chlorure de potassium	30
Carbonate de potasse	45
Phosphate de potasse	10
Sulfate de potasse	5
Carbonate de soude	17

Cette composition est à peu près celle des cendres de betteraves, mais il faut se rappeler que le poids des cendres est certainement inférieur au poids des sels, les sels à acides organiques sont convertis en carbonates, et l'équivalent des acides organiques est beaucoup plus élevé que l'équivalent de l'acide carbonique.

nerons plus loin, même en achetant ces betteraves suivant leur densité, cette densité sera assez anormale pour fausser les indications basées sur les moyennes.

Dans les autres séries de densité de 1040 à 1045, de 1045 à 1050, de 1055 à 1060, de 1060 à 1065, les plus grands écarts dus à la densité des sels sont de $\frac{4}{1000}$, soit environ 0.07 de la somme des matières influençant la densité; mais si on considère, non plus l'écart entre ces points extrêmes comparés l'un avec l'autre, mais l'écart entre les points extrêmes et les moyennes, que nous avons indiquées plus haut, on arrive à trouver que les erreurs que la densité peut faire commettre par les écarts exceptionnels que nous avons recherchés, se réduisent au plus à *deux dixièmes* de degré. Ces erreurs sont absolument négligeables, si on les compare aux énormes déceptions de l'achat de betteraves par simple pesée à la bascule.

II. — Influence des matières autres que le sucre et les sels sur la densité du jus.

Les sels et le sucre ne sont pas, comme nous l'avons dit, les seules matières donnant de la densité; les matières albumineuses, le glucose et d'autres produits organiques indéterminés ont une action sur le densimètre, mais dans des proportions plus faibles; elles sont loin d'être cependant négligeables, car elles varient de 4.50 à 19.80 p. 100 de la matière sèche et sont en proportion généralement inverse à celle du sucre, ce qui doit, comme nous l'avons dit, déterminer les industriels à rejeter les betteraves dont la richesse s'éloigne beaucoup de celles des racines normales, ou au moins à leur faire subir une réduction exceptionnelle. — L'analyse saline ne peut donner aucune indication sur les quantités de ces matières dont le fabricant doit cependaut tenir compte; si ce dernier veut connaître rapidement et d'une manière assez approximative la valeur des betteraves, il pourra se servir du *quotient de pureté,* dont nous avons indiqué l'emploi. En dosant le sucre d'une part et en faisant le rapport de ce sucre avec la quantité totale de matières pesantes évaluées en sucre, on aura d'une part la quantité de sucre pour cent parties de ces matières, et la différence donnera les sels et les matières étrangères organiques. Il importe toutefois de tenir compte de la densité propre de ces

matières; quelques chimistes allemands ont attribué à ces matières une densité de 2000 (la densité du sucre étant de 1600), mais une synthèse directe nous a donné une densité un peu moindre, 1875 environ. Il faudrait donc diviser par 1875 ou 2000 la quantité de matières pesantes étrangères pour en avoir le poids, ou pour simplifier, puisque toutes les matières pesantes ont été comptées comme sucre, diviser la différence entre ces matières pesantes et le sucre dosé directement par 1.20 à 1.25 (ce nombre indique la densité des matières pesantes étrangères, celle du sucre étant 1). En faisant la soustraction des sels suivant les moyennes indiquées, la différence devra être attribuée aux matières organiques.

Nous essayerons de donner un exemple de cette analyse sommaire en attribuant aux sels la densité de 1010 au lieu de 1006.5 environ, pour la perte due à la décomposition des sels organiques et des azotates. Soit une moyenne de cinquante-quatre analyses de betteraves normales, de 1050 à 1055 (densité moyenne exacte 1052.48);

en déduisant 10 pour les sels, nous aurons.	1042.48
Le sucre dosé directement est 10.69 p. 100, représentant une densité de.	1040.64
la différence	1.84

est donc due aux matières organiques étrangères.

On voit donc ainsi le parti rapide et approximatif qu'on peut tirer de la densité; pour des constatations plus précises, le procédé décrit par M. Feltz d'Arlowetz est très-avantageux et très-exact. M. Feltz compose deux liqueurs équivalentes, volume à volume, l'une avec de l'acétate basique de plomb, l'autre avec du ferrocyanure de potassium. Il précipite les matières azotées par une quantité connue de la liqueur plombique, et il dose le plomb restant dans le liquide filtré additionné de quelques gouttes de perchlorure de fer, en suivant la disparition du plomb à l'aide de la solution filtrée de ferrocyanure, qui donne un précipité bleu aussitôt que le plomb a été entièrement transformé en prussiate de plomb.

Chaque fois qu'il sera utile de faire une analyse rapide des matières azotées de la betterave, nous conseillons ce procédé; l'indication sommaire que nous avions donnée plus haut n'a pas de précision et nous n'en avons parlé que pour montrer le mécanisme de l'emploi du densimètre dans l'appréciation approximative des divers composants du jus de betteraves.

III — Comparaison des données fournies par l'analyse saline du jus et par la densité.

Avant d'abandonner la question des sels, nous devons enore tirer quelques rapprochements utiles de la densité comparée aux sels et du quotient de pureté dont nous avons indiqué le calcul et l'emploi. On verra que les indications de la densité sont en moyenne très-suffisamment exactes, et que le quotient de pureté donne des approximations très-conformes en général aux analyses plus précises qui ont été faites par M. Woussen et par nous. On se convaincra une fois de plus de l'exactitude des conclusions que nous avons tirées de l'étude comparée des sels et du sucre, on verra que le rapport entre les matières pesantes totales et le sucre (quotient de pureté) s'élève avec la progression de la richesse, et comme les cendres n'augmentent ni ne diminuent sensiblement avec la richesse en sucre, cette diminution de matières étrangères lorsque le sucre augmente, confirmera les travaux de MM. Fremy et Dehérain, qui ont trouvé moins de matières organiques azotées dans les betteraves de bonne qualité que dans les betteraves pauvres. C'est ce qui ressort nettement du tableau suivant que nous avons pu tirer de nos nombreuses analyses :

Densité	Quotient de pureté.
au-dessous de 1040	65.45
de 1040 à 1045	74.40
de 1045 à 1050	77.15
de 1050 à 1055	80.50
de 1055 à 1060	81.40
de 1060 à 1065	81.10

Enfin si nous comparons les indications données par le dosage des sels avec celles que nous fourniront le quotient de pureté, nous verrons qu'elles sont dans le même sens, et si elles ne sont pas tout à fait proportionnelles, c'est que d'une part les matières azotées dont l'analyse saline ne tient pas compte sont variables, et de l'autre qu'il est difficile de chercher une proportionnalité avec des points de départ différents.

TABLEAU V. — COMPARAISON DES INDICATIONS DU QUOTIENT DE PURETÉ AVEC LA TENEUR SALINE DU JUS.

DENSITÉ.	MINIMUM de sels.	QUOTIENT de pureté.	DENSITÉ.	MAXIMUM de sels.	QUOTIENT de pureté.
1039.5	6.48	86	1033	14.07	56
1040	6.03	82	1042	9.99	70
1046	5.22	82.5	1046	10.71	80
1054.7	5.40	83	1051.8	14.07	70
1056	5.85	80	1055.4	11.34	66
1063.6	7.11	84	1061.5	10.26	77

Ainsi à part le troisième exemple de la colonne du quotient de pureté des betteraves contenant le maximum de sels de la série de densité, tous les autres cas prouvent que les indications de la densité sont dans le même sens que les rapports des sels. L'exception que nous devons constater peut tenir soit à une très-faible quantité de matières azotées ou à une erreur d'analyse.

IV. — Détermination des coefficients à l'aide desquels on peut déterminer industriellement la richesse des betteraves d'après la densité du jus.

Il résulte encore de nos tableaux et des nombreuses analyses que nous avons faites, ainsi que de celles que M. Woussen a bien voulu nous communiquer (au moins trois cents en totalité), que l'industriel pourra apprécier approximativement et *en moyenne* la richesse en sucre des betteraves qu'il recevra d'après la densité du jus; nous avons dit que nous appelions en pratique :

1010 ou 101	un degré
1011 ou 101.1	un degré $^1/_{10}$
1020 ou 102	deux degrés
1025 ou 102.5	deux degrés $^1/_2$

Il suffira de multiplier le nombre de degrés :

Pour le jus en dessous de 1040	ou 4 degrés	par	1.74
»	de 1040 à 1045	4° à 4.5	»	1.99
»	de 1045 à 1050	4°5 à 5°	»	2.03
»	de 1050 à 1055	5° à 5.5	»	2.06
»	de 1055 à 1060	5°5 à 6.0	»	2.08
»	de 1060 à 1067	6° à 6.7	»	2.15

Pour avoir la richesse réelle en sucre des betteraves, c'est ce qui ressort très-nettement du tableau suivant dans lequel nous comparons la richesse en sucre trouvée directement à celle déduite des densités multipliées par les coefficients précédents.

TABLEAU VI. — PREUVES ANALYTIQUES DE L'EXACTITUDE DES MULTIPLICATEURS INDIQUÉS.

CATÉGORIES par densités.	NOMBRE d'essais.	DENSITÉ moyenne.	RICHESSE par analyse.	RICHESSE par calcul.
En dessous de 1040	10	1035 — 3°.50	6.08	6.09
De 1040 à 1045	20	1042.1 — 4°.21	8.38	8.37
De 1045 à 1050	40	1047.3 — 4°.73	9.61	9.60
De 1050 à 1055	77	1053 — 5°.3	10.90	10.91
De 1055 à 1060	77	1057 — 5°.7	11.85	11.85
Au dessus de 1060	67	1061.8 — 6°.18	13.07	13.28

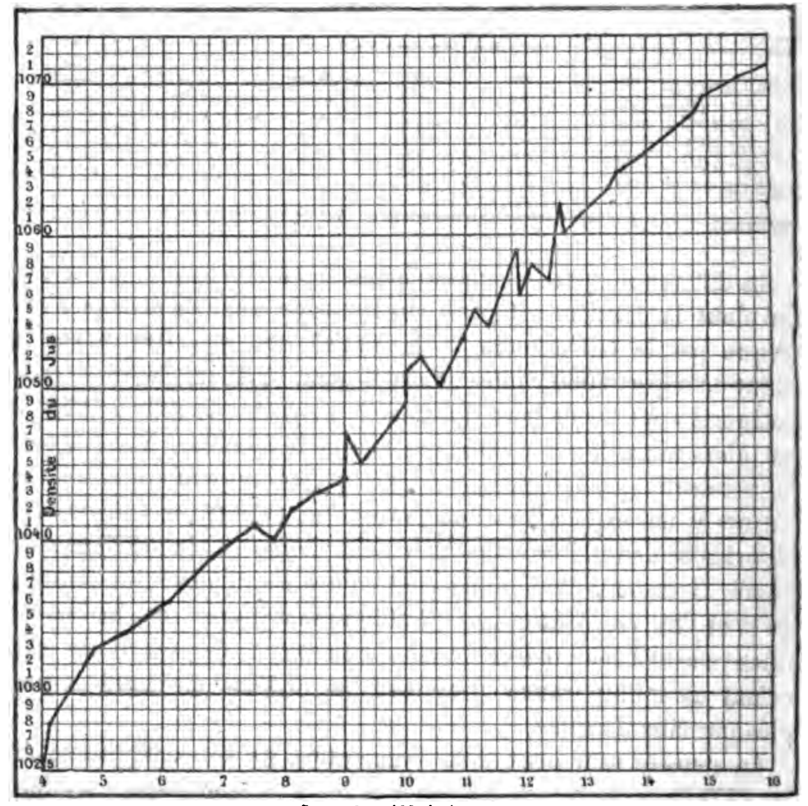
La différence entre la richesse donnée par l'analyse et par le calcul dans la dernière catégorie au-dessus de 1060 de densité, s'explique par le faible excès de la densité moyenne 1061.8 sur le point de départ 1060. Notre multiplicateur 2.15 appliqué à cette catégorie a été formé pour une densité moyenne de 1063 à 1064; il est alors exact, il n'y a donc pas lieu de le modifier. Nous devons faire remarquer aussi que pour ne pas étendre outre mesure nos calculs et nos explications, nos preuves ont été établies sur des catégories de densités croissant de cinq dixièmes en cinq dixièmes de degré. Le passage d'une catégorie à l'autre paraît ainsi plus brusque qu'il ne l'est en réalité; dans l'établissement du prix des betteraves relativement à leur densité, nous avons fondu ces écarts en calculant un multiplicateur progressif par dixième de degré et non plus par cinq dixièmes.

La densité sera prise à la température de 15° centigrades; s'il est difficile ou trop long d'amener le jus à la température voulue, on se contentera de prendre exactement la température du jus à essayer et on augmentera la densité de $^1/_{10}$ de degré par 5° de température au-dessus de 15°, et de même on diminuera de $^1/_{10}$ de degré pour 5° de température au-dessous de 15°.

Le nombre résultant des opérations indiquées plus haut donnera la quantité approximative de sucre par décilitre de jus, mais ce

décilitre pèsera plus de 100 grammes; pour avoir la richesse du poids du jus, il faut diviser ce nombre par la densité; enfin comme la betterave contient quelques matières insolubles, la richesse de la betterave peut être considérée comme les $^{97}/_{100}$ environ de celle du jus.

Exemple : une betterave à 1050 dont le jus renferme 10gr,20 de sucre par décilitre, contiendra pour 100 grammes de jus $\frac{10^{g.},20}{1050} = 9,71$ et $\frac{9,71 \times 97}{100} = 9^{gr},40$ de sucre pour 100 du poids de la betterave.



Sucre dans 100 de jus.

En nous servant de la moyenne de dix analyses environ, prises au hasard par dixième de degré, nous avons construit une courbe qui indique d'une façon assez satisfaisante que la richesse progresse à peu près proportionnellement à la densité. Il y a cependant des écarts qui disparaîtraient si nos moyennes avaient été plus nombreuses, et si nous avions eu à notre disposition un nombre d'ana-

lyses égal pour chacune des densités entrant dans la courbe. Mais on comprend qu'il est impossible de savoir d'avance quelle est la densité de la betterave qu'on essaie, et les échantillons les plus nombreux ont fourni des densités normales ordinaires, ce qui devait être. Dans les séries d'une pauvreté ou d'une richesse exceptionnelle, nous avons eu bien moins de sujets à prendre. Aussi cette courbe est-elle plutôt un exemple d'ensemble que la représen tation exacte de cette note.

Nous avons jusqu'ici recherché le moyen pratique de trouver la richesse absolue de la betterave ou du jus, mais cette richesse est en quelque sorte théorique, et en industrie sucrière et alcoolique, on sera loin de retirer tout le sucre existant ou son équivalent en alcool : les derniers paragraphes de cette note traiteront de la valeur industrielle de la betterave et des quantités de sucre qu'on peut extraire des betteraves à diverses densités, cette étude permettra d'établir la valeur vénale de là betterave suivant sa densité.

V. — Application des données précédentes à la fixation de la valeur vénale des betteraves.

Dans la première partie nous avons cherché à établir que si la densité n'est pas un signe de la richesse absolue de la betterave, elle donne des indications pratiques très - suffisantes. Nous allons maintenant appliquer ces données aux opérations pratiques de la fabrication, voir combien on retirera industriellement de sucre pour chacune des densités qu'on peut rencontrer et établir par le taux du rendement, et l'importance des frais de fabrication, la valeur réelle de la betterave pour chaque point de l'échelle des densités.

Des pertes de sucre pendant le travail. — La première perte de sucre se trouve dans la pulpe pressée, obtenue comme résidu, cette perte est loin d'être uniforme, toutes questions mécaniques égales d'ailleurs; elle dépend de la richesse de la betterave. En général, plus la betterave est riche, plus on produit de résidu pressé et plus ce résidu contient de sucre. Ordinairement on fait arriver sur la rape une quantité d'eau, variable avec la richesse de la betterave, de façon à obtenir un jus ayant une densité de 1040 à 1045. Il semblerait que la richesse de la pulpe pressée devrait être constante; mais comme la diffusion du sucre

des cellules non déchirées par les dents de la rape est assez lente, l'équilibre ne s'établit pas et la richesse du jus restant dans les cellules intactes est plus grande que celle du jus extrait.

Si la pulpe pressée provenant de betteraves riches à 8 p. 100 de sucre par exemple, renferme encore en moyenne 5 à 6 p. 100 de son poids de sucre, les pulpes de betteraves plus riches en contiendront jusqu'à 7 p. 100 et plus; et si on évalue de 20 à 22 p. 100 la quantité de résidu pressé, cette quantité s'élèvera jusqu'à 24 et plus avec des racines riches. Notre cadre ne nous permet pas d'entrer dans des détails, nous nous contenterons d'indiquer à peu près les conditions principales de fabrication; nous supposons aussi que l'outillage est aussi parfait que possible.

TABLEAU VII. — TABLEAU INDIQUANT LES PERTES MOYENNES DE SUCRE DANS LA PULPE PRESSÉE POUR DES BETTERAVES DE DIFFÉRENTES DENSITÉS.

DENSITÉ du JUS PUR.	SUCRE par décilitre DE JUS.	SUCRE pour 100 du poids de la betterave.	QUANTITÉ de PULPE.	RICHESSE de LA PULPE.	SUCRE pour cent du poids de la betterave laissé dans la pulpe.	SUCRE pour cent du poids de la betterave entrant dans le travail.
1045	8.80	8.17	22	5.5	1.21	6.96
1050	10.20	9.32	22.5	5.8	1.32	8.00
1055	11.44	10.51	23	6.25	1.45	9.06
1060	12.90	11.80	24	6.50	1.55	10.25

Dans le cours de la fabrication il y aura encore des pertes très-importantes; M. Parrayon, membre du comité sucrier de Lille, a, dans un travail très-bien étudié, évalué ces pertes de la manière suivante :

1° Une dépréciation moyenne de 0.75 pour l'altération des betteraves depuis le moment de la déplantation jusqu'à la fin du travail, on calcule toujours forcément sur des moyennes, car ces altérations varient avec la nature de la betterave, et surtout avec la température de l'hiver et le mode de conservation........................ 0.75
2° Sucre restant dans les écumes de défécation environ.................. 0.17 } 1.02
3° Sucre perdu pendant la filtration................................... 0.10

4° Enfin la production des mélasses par rapport au sucre extrait est d'autant plus importante que la betterave est plus pauvre et on peut à peu près compter ainsi suivant nos observations :

Densité	1040 à 1045	—	4 kil.	mélasse à	45	p. 100 de	sucre	=	sucre	1.80
»	1045 à 1050	—	3 kil. 8	»	45	»	»	=	»	1.70
»	1050 à 1055	—	3 kil. 5	»	45	»	»	=	»	1.60
»	1055 à 1060	—	3 kil. 2	»	45	»	»	=	»	1.45
»	1060 et audessus	—	3 kil. 2	»	45	»	»	=	»	1.45

L'ensemble des pertes de sucre dans le cours de la fabrication peut donc être maintenant assez exactement compté, nous le détaillons suivant la densité du jus.

TABLEAU VIII. — PERTES DE SUCRE PENDANT LA FABRICATION PAR CENT KILOGRAMMES DE BETTERAVES.

DENSITÉ du jus.	PERTE dans la pulpe.	PERTE dans les écumes.	PERTE dans la filtration.	PERTE dans les mélasses	ALTÉRATION pendant l'hiver.	TOTAL des pertes.
1040 à 1045....	1.13	0.17	0.10	1.80	0.75	3.95
1045 à 1050....	1.21	0.17	0.10	1.70	0.75	3.93
1050 à 1055....	1 32	0.17	0.10	1.60	0.75	3.94
1055 à 1060....	1.45	0.17	0.10	1.60	0.75	3.97
1060 et au-dessus	1.55	0.17	0.10	1.45	0.75	4.02

Nous pouvons établir avec ces documents et en prenant pour frais moyens de fabrication le prix de 15 fr. par 1000 kil. de betteraves, le prix de revient du sucre fabriqué avec des betteraves à diverses densités acquises au prix unique de 21 fr.

1045	Betteraves 1000 kil. à f. 21.00	21 fr.	»	36 fr. »
	Frais de fabrication	15	»	
	Produits. Mélasse 38 kil. à 11 fr. » p. 100	4	18	36 fr. »
	Pulpe 22 kil. à 15 » p. 1000	3	30	
	Sucre 43 kil. à 66 33 p. 100	28	52	
1050	Mêmes dépenses			36 fr. »
	Produits. Mélasse 35 kil. à 11 »	3	85	36 fr. »
	Pulpe 22 k. 5 à 15 »	3	35	
	Sucre 53 k. 3 à 54 03	28	80	
1055	Mêmes dépenses			36 fr. »
	Produits. Mélasse 32 kil. à 11 »	3	52	36 fr. »
	Pulpe 23 kil. à 15 »	3	45	
	Sucre 64 kil. à 45 31	29	03	
1060	Mêmes dépenses			36 fr. »
	Produits. Mélasse 32 kil. à 11 »	3	50	36 fr. »
	Pulpe 23 kil. à 15 »	3	60	
	Sucre 76 k. 5 à 37 77	28	90	

Avec des betteraves à prix invariable (21 fr.) et avec des frais de fabrication de 15 fr. p. 100 kil. betteraves, le sucre revient donc

Avec du jus pur à 1045 à 66 fr. 33 p. 100 kilogrammes.
» » 1050 » 54 » 03 »
» » 1055 » 45 » 31 »
» » 1060 » 37 » 77 »

On comprend par ces énormes différences tout l'avantage qu'il y a à ne travailler que des betteraves riches, ou à faire varier le prix d'achat de la matière première proportionnellement au rendement qu'on peut en obtenir.

Il est bien entendu que ce chiffre de 15 fr. de frais de fabrication par 1 000 kil. de betteraves est loin d'être absolu; il dépend de la contrée, de l'outillage, des frais généraux autres que la dépense matérielle de fabrication et d'entretien; frais particuliers à chaque établissement. Mais comme nous devions adopter un chiffre pour pouvoir former nos tableaux, et que nous faisions une étude comparative des rendements et du rapport en argent des betteraves à diverses densités, et non une étude économique de fabrication, ce chiffre de 15 fr. est assez près de la vérité pour être accepté dans nos calculs.

Nous avons enfin groupé tous les documents dont nous avons parlé pour en former un tableau complet que nous donnons plus loin. Ce tableau permettra de saisir à première vue la quantité de betteraves qu'il faudra employer pour fabriquer 100 kil. de sucre, et le prix qu'il faudrait payer cette betterave pour que le sucre revienne, à quelque densité que ce soit, au même prix que si la densité était constamment 1 050 et le taux de la matière première à 20 fr. les mille kilogrammes rendus à l'usine.

VI. — Calcul des éléments à l'aide desquels on a formé le tableau de la valeur vénale des betteraves.

1° Le prix de 20 fr. a été appliqué comme point de départ aux betteraves à 1 050 environ de densité (*rendues à l'usine, chaque fabricant fera la réduction utile suivant sa position pour le transport.*)

2° La valeur de la pulpe est entrée en ligne de compte à 15 fr. p. 1000 kil.

La valeur de la mélasse à 40° est cotée à 11 fr. p. 100 kil.

3° On a évalué les quantités de mélasse et de pulpe de la manière suivante :

			kil.			
Densités de 1040 à 1045.	Pulpe 20 %	=	200 kil. pulpe par 1000 de betterave,	à 15 fr. =	3 00	7 40
	Mélasse.....	=	40 kil. Id. Id.	11 fr. =	4 40	
Densités de 1045 à 1050.	Pulpe 22 %	=	220 kil. pulpe par 1000 de betterave,	à 15 fr. =	3 30	7 45
	Mélasse.....	=	38 kil. Id. Id.	11 fr. =	4 15	
Densités de 1050 à 1055.	Pulpe 22.5 %	=	225 kil. pulpe par 1000 de betterave,	à 15 fr. =	3 37	7 22
	Mélasse.....	=	35 kil. Id. Id.	11 fr. =	3 87	
Densités de 1055 à 1060.	Pulpe 23 %	=	230 kil. pulpe par 1000 de betterave,	à 15 fr. =	3 45	6 95
	Mélasse.....	=	32 kil. Id. Id.	11 fr. =	3 50	
Densités de 1060 et au-dessus.	Pulpe 24 %	=	240 kil. pulpe par 1000 de betterave,	à 15 fr. =	3 60	7 10
	Mélasse,....	=	32 kil. Id. Id.	11 fr. =	3 50	

4° Nous avons dit qu'on ajoutait de l'eau au rapage des betteraves pour réduire la densité à 1040 à 1045 environ, donc plus les betteraves auront une densité élevée, plus il faudra ajouter d'eau; et comme les frais de fabrication se comptent sur le volume du jus mis en œuvre, il y aura une dépense supplémentaire proportionnelle à l'eau ajoutée, pour le charbon, la main-d'œuvre, et tous les autres frais. Les frais de 15 fr. attribués au travail de 1 000 kil. de betteraves à 1 050 seront donc augmentés de $^1/_{50}$ ou 2 p. 100 par dixième de degré de densité, puisqu'il faudra ajouter 2 p. 100 d'eau en plus pour abaisser la densité au point exigé par le travail.

TABLEAU IX. — TABLEAU DU PRIX DES BETTERAVES D'APRÈS LA DENSITÉ DU JUS.

DENSITÉ ou degré.	MULTIPLICATEUR.	SUCRE par décilitre.	SUCRE p. 100 du poids du jus.	SUCRE p. 100 du poids de la betterave.	PERTE pendant le travail.	QUANTITÉ de sucre à extraire.	QUANTITÉ de betteraves pour 100 kil. sucre.	PRIX à payer pour les betteraves.	RÉFACTION pour eau.	PRIX net à payer.
							kil.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
1040 — 4°	1.94	7.76	7.46	7.24	3.95	3.29	3040	9.18	»	9.18
1041 — 4°.1	1.96	8.03	7.71	7.48	3.95	3.53	2833	10.40	»	10.40
1042 — 4°.2	1.98	8.31	7.97	7.73	3.94	3.79	2638	11.70	»	11.70
1043 — 4°.3	1.99	8.55	8.19	7.95	3.93	4.02	2485	12.90	»	12.90
1044 — 4°.4	2.00	8.80	8.43	8.18	3.93	4.25	2353	14.07	»	14.07
1045 — 4°.5	2.01	9.04	8.63	8.37	3.93	4.44	2252	15.09	»	15.09
1046 — 4°.6	2.02	9.29	8.88	8.61	3.93	4.68	2137	16.30	»	16.30
1047 — 4°.7	2.03	9.54	9.11	8.84	3.93	4.91	2037	17.45	»	17.45
1048 — 4°.8	2.03	9.74	9.29	9.01	3.93	5.08	1968	18.35	»	18.35
1049 — 4°.9	2.03	9.95	9.49	9.21	3 93	5.28	1875	19.35	»	19.35
1850 — 5°.0	2.03	10.15	9.66	9.37	3.93	5.48	1841	20.14	»	20.14
1051 — 5°.1	2.04	10.40	9.89	9.59	3.94	5.65	1770	21 03	0.30	20.70
1052 — 5°.2	2.04	10.60	10.07	9.77	3.94	5.83	1715	21.95	0.60	21.35
1053 — 5°.3	2.04	10.81	10.26	9.95	3.94	6.01	1664	22.87	0.90	22.00
1054 — 5°.4	2.05	11.07	10.50	10 20	3.95	6.25	1600	24.09	1.20	22.90
1055 — 5°.5	2.06	11.33	10.74	10.42	3.96	6.46	1548	25.14	1.50	23.65
1056 — 5°.6	2.07	11.59	10.97	10.64	3.96	6.68	1494	26.00	1.80	24.20
1057 — 5°.7	2.07	11.80	11.16	10.83	3.97	6.86	1457	26.90	2.10	24.80
1058 — 5°.8	2 08	12.06	11.40	11.06	3.97	7.09	1410	28.20	2.40	25.70
1059 — 5°.9	2.09	12.33	11.64	11.29	3.98	7.31	1368	29.20	2.70	26.50
1060 — 6°.0	2.10	12.60	11.89	11.53	3.99	7.54	1326	30.40	3.00	27.40
1061 — 6°.1	2.11	12.87	12.13	11.77	4.00	7.77	1285	31.70	3.30	28.40
1062 — 6°.2	2.12	13.14	12.37	12.00	4.01	7.99	1252	32.85	3.60	29.25
1063 -- 6°.3	2.13	13.42	12.62	12.24	4 02	8.22	1217	34.00	3.90	30.10
1064 — 6°.4	2.14	13.60	12.86	12.48	4.03	8.46	1182	35.24	4.20	31.00
1065 — 6°.5	2.15	13.97	13.12	12.73	4.04	8.71	1148	36.50	4.50	32.00

Nos calculs ont été basés sur le prix de 20 fr. par 1 000 kil. de betteraves rendues à pied d'œuvre, rendant 5. 40 de sucre industriellement. Nous devons faire observer que le sucre obtenu se rapproche du sucre pur comme richesse saccharine absolue, puisque avec les procédés perfectionnés actuels on obtient de 65 à 70 p. 100 de la quantité extraite en sucre titrant 98 à 99 p. 100 et que le reste contient de 94 à 97 p. 100 de sucre pur; mais les 30 à 35

p. 100 de produits inférieurs renferment des sels qui ne sont pas seulement des non-valeurs, mais qui atténuent très-notablement le rendement en raffinerie et la valeur vénale de ces sucres.

Sans entrer dans la discussion de l'importance de l'action nuisible des produits étrangers, question qui fournira peut-être matière à une note spéciale, nous nous contenterons d'indiquer le mode de déduction commerciale imposé par les acheteurs. Sans en donner la preuve, on prétend que la présence d'une partie de sels empêche cinq parties de sucre de cristalliser et on déduit de la quantité de sucre pur, le poids des sels convertis en sulfate multiplié par cinq, et le reste est regardé comme l'expression de la valeur commerciale du sucre.

Exemple :	Eau	1.00
	Cendres sulfatées moins $^1/_{10}$	1.00
	Glucose	0.20
	Sucre pur	97 00
	Matières diverses	0 80
		100.00

La valeur commerciale de ce sucre sera appréciée ainsi :

Sucre pur		97.00
Glucose annulant son poids de sucre	0.20	5.20
Cendres $1.00 \times 5 =$	5.00	
Valeur commerciale		91.80

On est même parvenu toujours aussi arbitrairement à apprécier la valeur du sucre beaucoup plus simplement et en supprimant le dosage direct du sucre.

On a supposé que les matières étrangères autres que les sels se trouvaient en proportions égales aux $^4/_5$ des sels et d'après ce procédé empirique on se contente de doser :

1° L'eau.

2° Le glucose.

3° D'obtenir le poids des cendres sulfatées.

On attribue aux matières étrangères indosées un poids égal aux $^4/_5$ des cendres et la différence entre le nombre 100 et le total des produits dosés est considérée comme représentant le sucre.

RÉSUMÉ.

La prise d'échantillon des betteraves dont il s'agira de déterminer la densité et le prix, devra être faite très-soigneusement et sur la plus forte moyenne possible ; on établira une petite rape rotative mécanique, si c'est possible, pour pouvoir raper une vingtaine de betteraves au moins. Dans le même champ et avec la même nature de betteraves, la densité variera beaucoup et surtout variera en raison inverse de la grosseur ; il ne faut donc ni choisir les plus grosses betteraves ni prendre les plus petites, sous peine de léser l'un des deux intérêts. L'échantillon se prendra au hasard au *moment où les betteraves arriveront à l'usine.*

Il sera utile de renouveler l'essai à peu près tous les jours, pour chaque fournisseur; cette constatation répétée, outre l'avantage qu'elle donne de fournir plusieurs moyennes, est encore nécessitée par les variations considérables de richesse, suivant les circonstances atmosphériques, même lorsque les betteraves sont déplantées, et à plus forte raison lorsque la livraison a lieu au fur et à mesure de la déplantation. — Il serait absolument inexact d'opérer comme le recommandent quelques personnes sur les champs mêmes des cultivateurs quelques jours avant l'époque de la déplantation ; vers la fin de la végétation, quelques jours de pluie suffisent pour abaisser la densité de 25 à 30 p. 100, et l'inverse peut avoir lieu par la sécheresse.

La densité se prendra à 15° de température.

Si on ne pouvait ramener facilement la température à 15° centigrades, on augmenterait ou on diminuerait cette densité de $^1/_{10}$ de degré par cinq degrés de température, suivant que la température serait au-dessus ou au dessous de 15°.

S'il était difficile de faire accepter les déductions ou augmentations de prix indiquées aussi exactement que possible sur notre tableau, on pourrait pour simplifier déduire un franc par 1000 kil. de betteraves par chaque dixième de degré au-dessous de 1050 ou 5 degrés et d'augmenter le prix de soixante-dix centimes par dixième de degré au-dessus de 1050.

Il faut refuser absolument les betteraves dont la densité serait inférieure à 1045 ou 4° 5 (1).

Enfin en terminant et pour bien appuyer sur le caractère plus comparatif qu'absolu de notre note, nous rappellerons les nombreuses études faites par M. Dubrunfaut, études théoriques et pratiques qui ont établi que l'analyse, même complète de la betterave, ne permet pas de préjuger rigoureusement le résultat pratique de la fabrication. Les sels minéraux seuls sont stables, les acides organiques se modifient et même se créent pendant le travail, suivant les procédés employés, suivant la nature de la betterave. Non seulement de nouveaux acides apparaissent, mais encore des transformations spontanées de sucre viennent atténuer les résultats et géner la cristallisation. Aussi nous ne saurions trop répéter que nous avons tenu à discuter une base d'achats à nos yeux infiniment supérieure à celle du poids pur et simple, mais que nous ne voulons pas attribuer à la densité une valeur rigoureuse et absolue.

Ce travail, dans lequel nous avons utilisé des documents recueillis depuis longtemps, a été terminé au laboratoire de culture du Muséum, à l'instigation et avec les conseils de M. Dehérain.

SYLVICULTURE

LES MALADIES DES ARBRES FORESTIERS

D'APRÈS

M. R. HARTIG.

Le forestier qui a le rare courage d'entreprendre une étude sérieuse des maladies si nombreuses et si variées des arbres de nos forêts, se trouve le plus souvent bientôt arrêté par des difficultés insurmontables. Un grand nombre, pour ne pas dire la plupart de ces maladies, paraissent prendre leur origine dans le parasitisme d'un champignon. On ne peut pas raisonnablement exiger du forestier la connaissance approfondie de ces cryptogames, dont quelques-uns seulement sont assez connus pour figurer dans les ouvrages pratiques. Peu d'observateurs s'occupent de l'étude des champignons qui causent les maladies de nos essences forestières,

(1) Nous venons de lire un travail de M. Pagnoul sur cette même question : à part quelques divergences de détail, les conclusions de M. Pagnoul se rapprochent des nôtres.

et, il faut bien le dire, peu sont en état de le faire; pour que cette étude ne reste pas stérile, il faut que l'observateur qui voudra s'y dévouer soit à la fois savant et praticien, à la fois botaniste et forestier. Ce double talent, M. R. Hartig le possède au plus haut degré; aussi nous a-t-il paru utile de chercher à analyser l'ouvrage qu'il a récemment publié sous le titre de *Maladies importantes des arbres forestiers*, matériaux pour la mycologie et la pathologie végétale, à l'usage des botanistes et des forestiers (1).

Le travail original est précédé d'un aperçu d'une dizaine de pages sur la végétation des champignons en général. On sait que la partie végétative du champignon est représentée par de petits filaments (hyphas) d'une ténuité extrême, enchevêtrés de différentes manières et connue, pour le champignon de couche, sous le nom de « blanc de champignon ». Les botanistes lui ont donné le nom de mycélium. La forme extérieure de ce mycélium peut varier; il est tantôt filamenteux, tantôt floconneux, tantôt dur et sec ou seléreux, tantôt pulvérulent. Aucun champignon ne peut fabriquer de matière organique de toutes pièces, en empruntant au sol et à l'air atmosphérique les matières minérales dont il a besoin, car la matière verte, qui est l'organe de l'assimilation du carbone des plantes vertes, leur fait totalement défaut. En considérant l'ensemble des végétaux, au point de vue de leur nutrition, on peut les diviser en deux grands groupes, les *protophytes*, plantes à chlorophylle (ordinairement vertes), qui se contentent de matières minérales et forment à l'aide de celles-ci des matières hydrocarbonées et des matières azotées, et les *hystérophytes*, jamais vertes et qui ont besoin de matières organiques pour se développer. Les hystérophytes se divisent à leur tour en *saprophytes* et en *parasites*. Les premiers vivent aux dépens de matières organiques en voie de désorganisation; les vrais parasites vivent sur des êtres vivants en absorbant une partie ou la totalité de leurs sucs. Les rapports entre parasite et substratum vivant varient; le substratum nourricier (mot peu élégant mais très-expressif) peut porter le parasite sans souffrir lui-même (les algues qui nourrissent certains champignons thécasporés et qui constituent ainsi les lichens), il peut souffrir sans que la maladie entraîne la

(1) *Wichtige krankheiten der Waldbäume, Beiträge zur Mycologie und Phytopathologie fur Botaniker und Forstmänner von Robert Hartig, Prof. der Bot. an. d. k. preuss. Forst-akad. zu Neustadt-Eberswald*, etc., etc. Berlin, 1874, in-4° avec 16 planches.

mort de l'individu, et enfin la mort peut être la suite du parasitisme.

Pour plus de clarté, résumons ces divisions en tableau.

PLANTES.

Protophytes, vertes ou colorées de manière à masquer la matière verte; vivent à l'aide de matières minérales en décomposant l'acide carbonique de l'air sous l'influence de la lumière.

Hystérophytes sans chlorophylle. Indépendantes de la lumière.

Ne décomposent pas l'acide carbonique de l'air et demandent pour végéter des matières organiques.

mortes	vivantes
saprophytes.	*parasites.*

A une certaine époque de sa vie, le champignon se reproduit, et cela souvent de plusieurs manières différentes. La reproduction peut être asexuée ou sexuelle. Dans le premier cas, le petit organe qui reproduit la plante est un simple petit bourgeon composé généralement d'une seule cellule, qui tombe et germe quand elle se trouve entourée de circonstances favorables; dans l'autre cas, la fécondation donne naissance soit par des spores, soit plus directement à une autre génération qui porte des spores asexuées. Les circonstances varient à l'infini et se reproduisent avec une constance étonnante dans la même espèce. Dans les champignons à chapeaux, par exemple, la fécondation (récemment décrite par M. van Tieghem) s'opère sur le mycélium; elle a pour résultat la formation de ce chapeau si connu, et à la face inférieure duquel se développent les spores, au nombre de quatre (rarement deux), sur une même cellule appelée *baside*.

Le premier champignon dont s'occupe M. R. Hartig est un champignon à chapeau dont la face inférieure porte une multitude de rayons sur lesquels naissent les spores. (Agaric.)

Agaricus (Armillaria) melleus, L.

Le champignon provoque sur les conifères la maladie qui consiste dans la formation trop abondante de résine (résinose), accompagnée de la pourriture des racines (cancer de terre). Elle est connue en France sous le nom de « rond des sapinières ». Elle s'observe sur le pin sylvestre, le pin Weymouth (*P. Strobus*), le pin noir d'Autriche, le pin *pumilis*, le pin maritime (*P. pinaster*), l'épicéa, le sapin, le mélèze, à différents âges, depuis cinq ans jusqu'au delà de cent ans. La maladie est caractérisée par un écoulement abondant

de résine sur la souche et les fortes racines, par un mycélium blanc placé sous l'écorce des racines et de la base du tronc et d'où partent des filaments bruns noirâtres semblables à des radicelles. A l'œil nu on peut reconnaître que les glandes résinifères de l'écorce ont un diamètre qui dépasse trois ou quatre fois le diamètre normal; extérieurement on observe sur l'écorce des pustules hémisphériques en partie crevées et laissant écouler de la térébenthine; les glandes, peu nombreuses et isolées dans le bois de pin, sont si nombreuses dans la plus jeune zone ligneuse du pin malade, qu'elles constituent des files serrées; il n'est pas rare de voir ces glandes se confondre et former une lacune du volume d'un haricot remplie de résine.

La zone ligneuse externe, surchargée de glandes, est très-étroite; mais la zone précédente est ordinairement très-large et ne renferme que le nombre normal de glandes. On peut en conclure que ce sont plutôt les circonstances extérieures favorables que les circonstances défavorables qui deviennent le point de départ de la maladie.

La marche de la maladie est extrêmement rapide, elle entraîne la mort de l'arbre dans l'année même de son apparition.

Le Mycélium de l'Agaricus melleus.

Le mycélium de l'*Agaricus melleus*, qui a été reconnu comme la cause de cette maladie, se distingue du mycélium des autres champignons en ce qu'il revêt tantôt la forme filamenteuse, tantôt la forme de cordons ou de rubans. Le *Rhizomorpha fragilis*, Roth, avec ses deux formes principales *subterranea* et *subcorticalis* n'est autre chose qu'une des formes du mycélium d'*Agaricus melleus*. Jusqu'à présent rien ne prouve que ce mycélium ne possède encore d'autres organes de fructification. Il paraît même invraisemblable que d'autres espèces de champignons possèdent des mycélium qui puissent être confondus avec le *Rhizomorpha fragilis*.

Les rhizomorphes sont très-fréquentes partout sur les racines mortes des arbres à feuilles et des conifères, entre le bois et l'écorce des arbres morts, dans les conduits d'eau, sur les vieux ponts, etc. Elles se développent seulement à la base des troncs d'arbres, dans le sol des forêts, ou entre le bois et l'écorce lorsque cette partie de la plante est assez humide. Celles qu'on rencontre dans les galeries

de mines, dans les puits, dans les canaux, y ont été apportées avec les matériaux de construction. Les rhizomorphes ont, en effet, la propriété de ressusciter après une période de dessiccation plus ou moins prolongée, aussitôt que l'influence de l'humidité se fait sentir. Librement développées à l'air ou dans le sol, les rhizomorphes prennent une forme allongée, cylindrique, ramifiée, de 0,3-0,5^{mm} de diamètre; entre le bois et l'écorce elles sont rubanées, aplaties, et les ramifications sont disposées sur deux rangs opposés; c'est là l'explication des deux variétés. La couche corticale brune de la forme *subcorticalis* est généralement si entièrement soudée au bois et à l'écorce, qu'en séparant ces deux parties on fend la rhizomorphe et l'on voit apparaître le tissu blanc de l'intérieur; le sommet en voie d'accroissement est entouré d'une couche d'un mucilage particulier; toute la masse du champignon est composée d'hyphas serrées, souvent polygonales sur la section transversale dans la couche périphérique ou corticale, plus lâchement unies et souvent anastomosées par des commissures en H à l'intérieur.

Ce sont les hyphas de la couche corticale qui donnent naissance au mycélium filamenteux de ce champignon. Immédiatement au-dessous du sommet du jeune *Rh. subcorticalis* naissent sous un angle droit des filaments qui traversent la couche mucilagineuse et se ramifient. Ces filaments pénètrent d'un côté dans le liber et l'écorce primaire, de l'autre dans le corps ligneux; dans les conifères ils recherchent surtout les canaux résinifères et s'y allongent en montant dans le tronc beaucoup plus haut que les hyphas qui se trouvent dans le liber. Le tissu amylifère qui entoure les canaux est détruit par le mycélium et la place des canaux est indiquée plus tard par de grandes lacunes. Nous verrons bientôt que le développement de ce mycélium explique encore très-bien non-seulement l'écoulement de résine à la souche, mais encore la formation de nombreuses lacunes à résine dans l'écorce et le jeune bois.

Le mycélium filamenteux joue de même un rôle très-important là où il se développe sur les arbres morts et même sur les bois de construction; les filaments pénètrent dans le bois, s'accroissent avec une exubérance extrême dans les vaisseaux et dans d'autres organes, et hâtent ainsi la corruption; souvent on voit sortir des rayons médullaires et des orifices des vaisseaux de petites houppes couleur de rouille qui ressemblent complétement aux petits faisceaux de poils qu'on voit sur les rhizomorphes.

Il reste à faire observer que le *Rhizomorpha subcorticalis* frais se distingue par une odeur très-agréable tout à fait identique avec celle de l'*Agaricus melleus*, et par sa phosphorescence visible à une grande distance dans l'obscurité.

Les organes de reproduction.

Depuis longtemps un grand nombre de botanistes se sont attachés à chercher les organes de reproduction des rhizomorphes. Après avoir exposé, dans sa *Morphologie et Physiologie des champignons*, les résultats des travaux qui avaient paru jusqu'en 1865, M. de Bary déclare que les observations faites jusqu'à ce jour ne permettent pas de dire avec certitude à quelle espèce appartient le *Rhizomorpha fragilis*.

De Candolle, Eschweiler et Acharius croyaient avoir trouvé sur les rhizomorphes des fructifications de pyrénomycètes, qui n'étaient toutes que des excroissances et des rudiments de rameaux.

M. Fries les prenait encore tout récemment pour un genre de pyrénomycètes portant des périthèques.

M. Otth trouva sur l'écorce du *Rh. subcort.* de petits corpuscules longs de $2\text{-}4^{mm}$, qui portaient au sommet des fructifications semblables à celles des genres *Stilbum* ou *Graphium;* les avis des botanistes sur ces corpuscules d'Otth sont divisés; MM. Montagne et Cesati, qui les prenaient pour des *Stilbum* parasites sur le *Rhizom.* pourraient avoir raison.

Palisot de Beauvais trouva un *Rhizom.* dont les extrémités se réunissaient en un xylostroma étendu portant un *Polyporus* sur les bords.

M. Caspari après avoir trouvé un *Trametes pini* sur des pins qui portaient en même temps des *Rhizom.*, croit que le *Trametes* est la fructification de ce dernier. Il en serait de même de quelques espèces de *Polyporus* et de l'*Agaricus ostreatus*.

M. Tulasne vit se développer sur le *Rhizom. subcorticalis* des fructifications de *Polyporus cuticularis* et *alneus*, etc.

MM. Haller, Bail et Lasch indiquent une relation entre le *Rhizom.* et le *Xylaria hypoxylon*. M. Bail a lui-même déclaré depuis qu'il ne peut pas démontrer la connexion entre ces deux espèces.

M. Fuckel a décrit nouvellement (1870) des périthèques noirs,

hauts de 1^{mm} et larges d'un demi-millimètre, arrondis à la base, atténués en un bec conique au sommet, et contenant des asques ovoïdes avec 8 spores.

M. R. Hartig doute de l'exactitude de cette observation de M. Fuckel, et croit que le *Rhizom.* n'a pas d'autre fructification que l'*Agaricus melleus.*

M. de Bary fait observer avec raison qu'il n'est pas probable que ces caractères si constants du *Rh. fragilis* puissent appartenir à plusieurs espèces différentes.

Le fait que M. Tulasne a constaté, relatif à un *Xylaria* sorti d'un *Rhizomorpha* prouve qu'il peut exister des mycélium plus ou moins semblables au vrai *Rhizomorpha*, mais qui s'en distinguent par certains caractères très-nets.

Les fructifications de l'*Agaricus melleus* se développent au commencement du mois d'octobre, en partie sur la souche des arbres sous l'écorce desquels végète le *Rhizomorpha subcorticalis*, dès que celui-ci peut se faire jour à travers les fissures de l'écorce, en partie à l'extrémité des *Rhizomorphes* dans le sol.

La connexion de la fructification avec le *Rhizomorpha* est facile à voir quand on enlève l'écorce; elle est très-nettement représentée dans les figures de M. Hartig.

La position des fructifications sur le *Rhizomorpha subterranea* varie; tantôt elles sont isolées au sommet de ces filaments, ou un peu au-dessous, tantôt il y en a un certain nombre réunies en un faisceau au sommet des filaments; la plus grande partie avorte alors, et elles se confondent plus tard en une seule fructification.

Souvent aussi on voit de nombreuses fructifications sortir latéralement de l'écorce du filament; quelques-unes seulement atteignent leur développement complet, les autres restent plus petites et dégénèrent en des faisceaux de poils dont il a été question.

Les fructifications avortées restent ordinairement claires sans former de chapeaux, et se réduisent parfois à des papilles noirâtres.

Tandis que le chapeau s'accroît dans tous les sens par les ramifications multiples de ses hyphas, la coloration brunâtre de la partie corticale ne s'étend guère qu'à la base. Son développement dure de deux à trois semaines, par conséquent bien plus longtemps que celui de beaucoup d'autres grands champignons des genres *Agaricus*, *Polyporus*, etc. Dans quelques points essentiels, il s'écarte beaucoup du développement des chapeaux du genre *Agaricus.*

Dans l'*Agaricus melleus*, comme dans les Agaricinées dépourvues de vélamen, le chapeau se forme par un sillon annulaire d'abord librement ouvert, mais qui se ferme plus tard par la soudure des hyphas marginales du chapeau et du pédicule; c'est ainsi que se forme le vélamen. Le pédicule prend la forme d'une bouteille longue de 2 à 5 centimètres; la tête est relativement petite et sa surface cuivrée claire est parsemée de petits faisceaux de poils; le pied est blanc et tigré dans sa partie supérieure par des faisceaux de poils foncés. Toute la face inférieure du chapeau est recouverte par la couche hyméniale formée par des hyphas perpendiculaires à la surface et dont le développement inégal produit les rayons ou lamelles en partie incomplets. Au moment où le voile ou l'armilla se détache du bord du chapeau, on ne trouve qu'un petit nombre de basides garnis de spores. A côté des basides se trouvent des cellules cylindriques ordinairement plus petites, mais quelquefois plus grandes, qu'il faut considérer comme des basides (car elles germent comme celles-ci) avortées et non comme des pollinaires ou des anthéridies.

Les spores sont ovoïdes, remplies d'un plasma grenu ou de gouttelettes d'huile, et germent déjà après un séjour de 20 heures dans l'eau. Ordinairement elles ne développent qu'un boyau germinatif, quelquefois deux; mais la faculté germinative ne paraît être que de très-courte durée, et il faut semer les spores au moment où l'armilla se détache.

Le chapeau peut devenir très-grand et atteindre jusqu'à 15 centimètres de diamètre.

Le mode de végétation de l'Agaricus melleus.

Ce champignon est peut-être le plus répandu des grandes espèces. En automne et au commencement de l'hiver, on voit des groupes de chapeaux jaunes, couleur de miel, dans les forêts de conifères, à la base des troncs d'arbres morts et sur les souches d'arbres abattus; on les voit aussi par-ci par-là sur le sol libre, et alors on retrouve toujours leur connexion avec des rhizomorphes qui s'attachent sur une racine ou une souche voisine. Ce champignon peut vivre sur du bois mort; il est par conséquent tantôt saprophyte, tantôt vrai parasite.

Comme saprophyte, le mycélium hâte la décomposition du bois en envoyant de nombreux filaments à travers les rayons médullaires dans le cœur du bois, où ils se ramifient et se nourrissent de sa substance. En différents endroits, les hyphas sortent de ce bois et forment des houppes de tout point semblables à celles des rhizomorphes.

Le champignon a été trouvé surtout sur les souches et les racines du hêtre, du charme, du chêne, du bouleau, du sorbier. Sur toutes ces espèces il avait un caractère secondaire; mais sur le cerisier et le prunier il y a eu contagion manifeste; M. Hartig a observé plus d'une fois, dans les vergers et le long des routes, qu'un arbre mort avec de nombreux chapeaux d'*Agaricus melleus* est devenu le foyer d'infection pour les arbres voisins. Dans une file de jeunes cerisiers et pruniers, un arbre a été emporté chaque année sans qu'un seul sujet fût épargné.

Les observations qui ont été faites jusqu'à ce jour paraissent indiquer que parmi les arbres feuillus les pruniers seuls deviennent la proie de l'*Agaricus melleus*, tandis que les autres ne lui servent de demeure que quand ils sont morts. Cependant ces recherches demandent à être continuées et étendues.

Quant à la résinose des conifères, elle se manifeste généralement sur un arbre en apparence très-sain, par la mort d'une racine latérale. Dans les sapinières où un ou plusieurs arbres ont déjà succombé, on trouvera des arbres dont quelques racines sont mortes tandis que les autres sont encore à l'état normal.

La mort des racines est amenée par le *Rhyzomorpha fragilis*, qui pénètre dans la racine et s'étend de proche en proche dans le liber mou; arrivé à la souche, ce parasite l'enlace complétement (entre l'écorce et le bois), et passe de là dans les autres racines. La rapidité avec laquelle le champignon s'étend paraît être assez grande (2^{mm} par jour). Mais les circonstances extérieures, et notamment la température, doivent exercer une influence considérable; sur les jeunes arbres d'environ dix ans, la maladie ne dure pas plus d'un an. De jeunes pins de six ans infectés artificiellement à la base du tronc vers le 15 juillet 1872, sont morts pendant le mois de mai 1873, avec tous les symptômes de la maladie. En partant du collet de la racine, le mycélium s'avance non-seulement sur les racines, mais aussi le long du tronc, à une hauteur d'autant plus grande que l'arbre est plus fort; son développement n'est arrêté que

par la mort et la dessiccation de l'arbre; sur de jeunes arbres, la hauteur ne dépasse guère $0^m,1$, tandis qu'elle peut atteindre 2 mètres sur les vieux pins.

La mort de toutes les racines entraîne nécessairement la dessiccation de toute la plante; mais, pendant la maladie, on observe encore d'autres symptômes qui découlent du mode de végétation du mycélium filamenteux dans le corps ligneux. Sans parler de l'état affaibli de toute la plante, de la coloration jaunâtre de la petitesse des pousses, etc., tous symptômes qui s'expliquent par l'état de la racine, on observe sur la souche et les racines atteintes, un fort écoulement de térébenthine qui s'oxyde, se transforme en résine et agglomère ainsi la terre qui les entoure.

Il va sans dire qu'aussi loin que le liber et le cambium sont détruits, il ne peut se former ni bois ni liber nouveaux; mais partout ailleurs, sur une hauteur variable, la faible zone ligneuse qui se développe pendant la maladie est le plus souvent criblée de grandes lacunes à résine. On en trouve également dans l'écorce et dans l'épicéa, elles font même saillie à l'extérieur. Dans toutes les autres parties du tronc et dans les branches, l'anneau ligneux est faible, mais il ne présente rien d'anormal.

Dans les pins infestés artificiellement, l'anneau ligneux ne montrait ces caractères qu'aussi loin que le mycélium du champignon avait pu pénétrer; ce fait montre bien que l'écoulement de résine n'est pas la cause première de la maladie.

Le mycélium ne tarde pas à pénétrer dans les canaux à résine du bois, et il y monte plus rapidement que dans l'écorce. Son influence sur les cellules amylifères voisines est telle que ces cellules brunissent et se détruisent bientôt : comme les rayons médullaires sont détruits en même temps, la térébenthine doit pouvoir s'écouler latéralement.

Quand la maladie prend son origine sur le collet de la racine ou dans le voisinage, et que le mycélium peut s'étendre en même temps sur toutes les racines de l'arbre, la maladie marche très-rapidement vers une terminaison funeste; les arbres se dessèchent et meurent avec tous les symptômes extérieurs que nous avons exposés plus haut.

La maladie est plus lente quand le parasite attaque d'abord une racine latérale; alors il faut un temps assez long avant qu'il arrive à la souche.

Au pied des arbres morts dans le courant de l'été on voit apparaître les fructifications au commencement d'octobre; à la fin du même mois, les chapeaux sont complétement développés. Sur les vieux pins sylvestres et lord-weymouth on ne les trouve que sur les troncs coupés entre l'écorce et le bois; l'écorce y éclate trop difficilement pour permettre au champignon de sortir.

Pendant des années on trouve à la place des arbres morts des milliers de chapeaux; le mycélium continue de se nourrir, comme saprophyte, des racines restées dans le sol.

Peu de maladies des végétaux sont si manifestement contagieuses que l'*Agaricus melleus*.

Lorsque les plantes sont serrées comme dans les sapinières, il meurt tous les ans, dans le voisinage d'un arbre mort précédemment, un nombre croissant d'arbres, et il en résulte, dans les plantations les plus vigoureuses, de grandes places nues; les arbres de la circonférence sont morts après ceux du centre. Lorsque les plantes sont moins serrées, la propagation de la maladie est plus irrégulière et elle a plutôt pour effet l'éclaircissement de la plantation.

Le remède pratique contre les ravages de ce parasite est l'arrachage des arbres morts. Il est complétement inutile d'abattre simplement les arbres, parce que les racines qui portent précisément le parasite restent dans le sol. La destruction des rhizomorphes ne devient difficile ou même impossible que là où ces filaments trouvent une nourriture suffisante dans une multitude de racines mortes.

(*La suite au prochain fascicule.*)

RECHERCHES
SUR LA VOLATILISATION DE L'AZOTE DU GUANO PÉRUVIEN

PAR

ADOLPHE BOBIERRE

Directeur du Laboratoire de chimie agricole de la Loire-Inférieure.

I.

Le pouvoir absorbant de la terre arable pour les principes fertilisants a été, depuis quelques années surtout, l'objet d'intéressantes observations. Que la faculté inhérente au sol, de dépouiller les so-

lutions, dérive de sa constitution physique ou de sa nature chimique, il est certain que ce sol représente dans certains cas un véritable crible propre à localiser, pour les besoins des végétaux, des éléments de nutrition dont, en raison de leur extrême dissémination, l'existence même semblerait quelquefois contestable.

Il n'est peut-être pas inutile de rappeler à cette occasion que l'aptitude des terres à séparer et à retenir des substances préalablement dissoutes n'implique nullement l'absorption physiologique de ces substances à l'état solide sous l'influence ultérieure de la végétation. Telle est cependant la conclusion à laquelle Liebig, et après lui un certain nombre de chimistes, ont cru devoir s'arrêter; j'ai déjà tenté de prouver qu'une telle proposition n'était pas, jusqu'à présent du moins, rigoureusement démontrée (1).

Quoi qu'il en soit, et pour établir, en ce qui concerne l'ammoniaque et les sels ammoniacaux, le pouvoir fixateur de la terre arable, plusieurs savants se sont livrés à de curieuses observations.

En 1850, Way a reconnu qu'un kilogramme de terre peut condenser de 1g,57 à 3g,92 d'ammoniaque présentée sous forme de solution aqueuse renfermant par litre 3g,173 d'alcali libre. Il a également reconnu que le titre de la solution faisait varier le pouvoir absorbant de la terre.

M. Brustlein a contrôlé dans le laboratoire de M. Boussingault les expériences de Way, et a entrepris de fort intéressantes recherches sur les causes et les circonstances de la fixation de l'ammoniaque. Il a établi avec certitude que les affinités du sol pour l'ammoniaque étaient de nature physique et chimique, et que tel terrain fort convenable pour isoler l'ammoniaque *libre* d'une solution l'était beaucoup moins pour en absorber l'ammoniaque *salifiée*. C'est ainsi que des solutions très-étendues d'ammoniaque seront surtout dépouillées de ce gaz par du terreau, de la tourbe, du noir animal, tandis que la terre arable, et surtout la terre contenant du calcaire, décomposera énergiquement les sels ammoniacaux.

Presque toutes ces expériences de M. Brustlein ont été effectuées en mettant les terres en contact avec des solutions; toutefois, ce chimiste a vérifié au moyen de quelques essais le pouvoir absorbant de la terre sèche pour l'ammoniaque à l'état gazeux, et il a pu démontrer que non-seulement l'absorption était plus efficace en pareil

(1) *Leçons de chimie agricole*, 2e édition

cas qu'au sein des solutions, mais encore que le sol avait une faculté condensatrice plus grande à l'état sec qu'à l'état humide. Enfin il résulte du travail de M. Brustlein que l'air employé en excès dépouille la terre de l'ammoniaque qui avait été tout d'abord fixée dans sa masse poreuse.

L'examen de près de deux cents échantillons de guano du Pérou m'ayant donné occasion de reconnaître la déperdition ammoniacale de ces engrais à la température ordinaire, j'ai depuis longtemps adopté pour leur dessiccation, en vue de l'analyse, des précautions minutieuses ayant pour but de fixer leur ammoniaque. Parmi les moyens convenables pour modérer ou annihiler le dégagement d'ammoniaque et de carbonate d'ammoniaque, l'emploi d'une liqueur titrée sulfurique qui reçoit l'air devenu alcalin, le contact d'une solution de chlorure de baryum employé par M. Barral, le mélange avec une forte dose de noir animal fin que j'ai indiqué il y a longtemps, peuvent fournir de bons résultats; toujours est-il que la déperdition du guano à l'air étant un fait admis, on peut se demander si elle a également lieu dans le sol fouillé par la charrue.

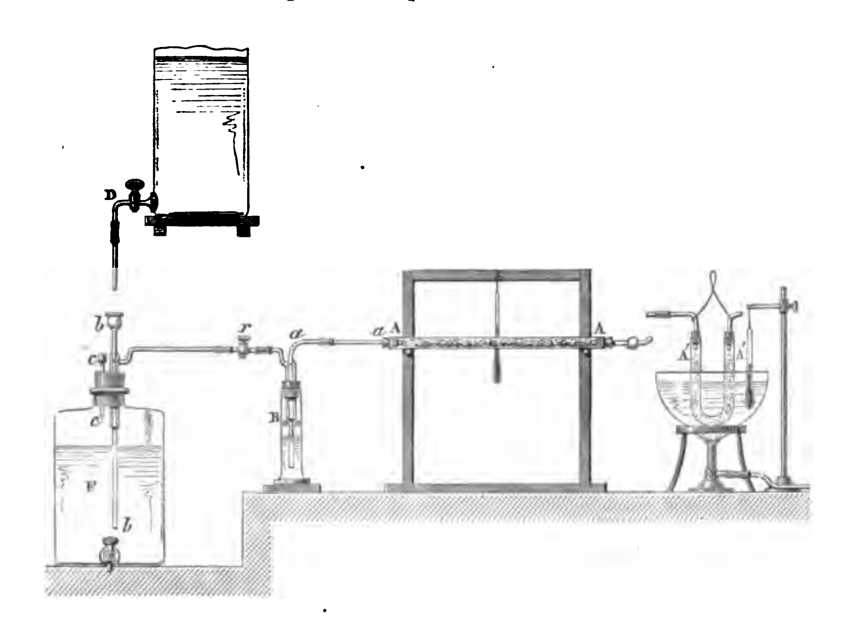
Cette question a de l'intérêt, car s'il est prouvé qu'une portion de l'azote ammoniacal du Guano se volatilise en pure perte dans le sol, on serait naturellement conduit à rechercher dans l'emploi de réactifs fixateurs tels que l'acide sulfurique, le moyen d'immobiliser un gaz fertilisant d'une valeur commerciale élevée (1).

Pour me rendre compte des pertes d'azote que peut éprouver le guano, j'ai mis cet engrais en contact : 1° avec l'air dans des conditions de température et de volume variables; 2° avec des terres de natures diverses; 3° enfin avec de la tourbe, mais en activant le dégagement ammoniacal du guano au moyen de chaux vive. C'est le résultat de ces expériences que je vais exposer.

L'appareil dont j'ai fait usage est représenté dans la planche ci-contre. Le guano seul ou mélangé à la terre était placé entre deux tampons d'amiante dans un tube AA de $0^m,65$ de longueur et de $0^m,015$ de diamètre; un flacon d'appel F permettait de faire passer un courant d'air dans le tube, et, comme on le voit, cet air pénétrant dans le tube coudé *a a* arrivait dans l'éprouvette B, où il tra-

(1) Je ne considère le rôle de l'acide sulfurique que comme fixateur de l'azote lorsqu'il s'agit du guano péruvien, car la nécessité de modifier et de rendre solubles des phosphates aussi assimilables que ceux de cet engrais ne me semble pas motivée.

versait une solution d'acide sulfurique normal dont 10 cent. cubes saturaient l'ammoniaque correspondant à 0gr,175 d'azote.



J'avais la précaution d'introduire à chaque expérience dans la portion concentrique *o o* du tube I une petite bandelette roulée de toile fine destinée à arrêter les particules acides dont une circulation trop rapide du gaz aurait pu déterminer l'entraînement. L'opération terminée, cette petite toile était enlevée et lavée à l'eau distillée, qui du reste n'est jamais devenue acide au tournesol. L'air dépouillé d'ammoniaque se rendait, en traversant le robinet *r*, dans le flacon F; lorsqu'on voulait procéder à une nouvelle expérience, on fermait le robinet *r*, on ôtait le bouchon du tube CC et on remplissait le flacon F en ouvrant le robinet D d'un réservoir supérieur.

Pour opérer à une température plus élevée que celle de l'air du laboratoire, j'introduisais le guano dans le tube en U A'A'. Ce tube était suspendu dans une capsule en cuivre E renfermant de l'eau échauffée par un bec Bunsen et recevant un thermomètre.

J'entre désormais dans le détail des opérations effectuées.

II.

1re expérience : On fait passer 16 litres d'air à la température de + 15° dans 10 cent. cubes d'acide sulfurique normal amené à 20 cent. cubes par son mélange avec de l'eau distillée. Le titre du liquide reste invariable. La même opération effectuée à la température de + 30° fournit un résultat identique.

Les différences dans l'acidité de l'acide sulfurique normal ne devront donc être attribuées qu'à l'influence de l'ammoniaque volatilisée.

2e expérience : On prend un gramme de guano Macabi dans lequel on a dosé 10,55 pour 100 d'azote dont 4,18 à l'état de matière soluble dans l'eau, et 6,37 à l'état insoluble (1); on l'abandonne à l'air pendant un mois dans un cabinet non chauffé dont la température est basse, au bout de ce temps le guano est analysé et a perdu :

Azote.	0g.,0043
Ammoniaque.	0g.,0052

L'azote volatilisé à la basse température de décembre représente 4,07 *pour* 100 *de l'azote contenu dans le guano employé* (2).

3e expérience : Sur 4 grammes de guano on fait passer 8 litres d'air à la température de + 15°, le titrage de l'acide normal donne :

Azote volatilisé.	0g.,0007
Ammoniaque.	0g.,0008

(1) Cette séparation faite à deux reprises, une fois par digestion pendant 24 heures et filtration, une autre fois par lavage sur un filtre, a fourni des résultats identiques. Je n'oserais affirmer toutefois que tout l'azote dissous soit à l'état de sel ammoniacal et qu'il n'en faille pas attribuer une petite portion à de la matière organique soluble; d'autre part, et bien que, dans l'une des expériences, la digestion de 20 gr. de guano dans l'eau ait eu lieu pendant 24 heures, je n'oserais affirmer qu'il ne restât pas dans la partie insoluble des traces de phosphate mixte renfermant de l'ammoniaque en combinaison.

M. Joulie a dosé en janvier 1874 dans un échantillon de guano péruvien.

Azote ammoniacal.	3g.,53
Azote organique.	7g.,39
	10g.,92

(2) Dans les vastes magasins où sont déposés les guanos de la compagnie concessionnaire du gouvernement péruvien, l'atmosphère est tellement chargée d'ammoniaque qu'elle est quelquefois irrespirable. L'acide sulfureux d'une allumette en combustion développe dans cette atmosphère un nuage d'une remarquable opacité.

L'azote volatilisé représente 0,16 *pour* 100 *de l'azote du guano employé.*

4e expérience : 10 grammes de guano sur lesquels ont passé 10 litres d'air à + 15° ont perdu.

Azote.	0g.,0014
Ammoniaque.	0g.,0016

L'azote volatilisé représente 0,13 *pour* 100 *de l'azote du guano employé.*

5e expérience : 10 grammes de guano sur lesquels ont passé 16 litres d'air à + 15° ont perdu :

Azote.	0g.,0038
Ammoniaque.	0g.,0046

L'azote volatilisé représente 0,36 *pour cent de l'azote du guano employé.*

6e expérience : la même quantité de guano soumise à l'action de 16 litres d'air à + 30° a perdu :

Azote.	0g.,0115
Ammoniaque.	0g.,0139

L'azote volatilisé représente 1,09 *pour cent de l'azote du guano employé.*

Les conditions dans lesquelles fonctionnait l'appareil ayant été ainsi déterminées, j'ai dû rechercher s'il n'y avait pas intérêt à augmenter la quantité d'air mise en contact avec le guano, or l'expérience m'a démontré qu'à la température de + 15°, 10 grammes de guano n'avaient pas perdu sensiblement plus d'ammoniaque après le passage de 32 litres d'air qu'après le passage de 16 litres. Les résultats que je désirais obtenir devant surtout avoir une valeur comparative, le chiffre de 16 litres a donc été adopté.

III.

La porosité du noir animal permet de fixer parfaitement l'ammoniaque du guano, mais il faut que le mélange soit intime et que la proportion du noir soit relativement assez forte, c'est ce que les expériences suivantes mettent en lumière.

7e expérience : 9 grammes de guano sont triturés rapidement

avec 1 gramme de noir d'os vierge en poudre fine. On fait passer sur le mélange 16 litres d'air à + 15°, la perte constatée est de :

Azote.	0g.,0007
Ammoniaque.	0g.,0008

L'azote volatilisé ne représente que 0,007 *pour cent de l'azote du guano employé.*

Voulant rechercher l'action de la même quantité de noir à une température plus élevée, on a refait l'essai dans les conditions suivantes :

8° expérience : 9 grammes de guano additionnés de 1 gramme de noir animal sont soumis à l'action de 16 litres d'air à + 30°, la perte est de :

Azote.	0g.,0099
Ammoniaque.	0g.,0120

L'azote volatilisé s'élève donc sous l'influence de la température de + 30° *à* 1,04 *pour cent de l'azote du guano employé.*

Pour diminuer l'action de la température élevée j'ai augmenté la dose du noir animal et l'ai portée à 20 pour cent du mélange. Voici le résultat obtenu.

9° expérience : 8 grammes de guano additionnés de 2 grammes de noir animal et soumis à l'action de 16 litres d'air à + 30° ont perdu :

Azote.	0g.,0099
Ammoniaque.	0g.,0120

L'azote volatilisé s'élève à 1,17 *pour cent de l'azote du guano employé.*

En résumé, l'augmentation dans la dose de noir mélangé n'a pas suffi à contrebalancer l'effet produit par une température élevée sur le guano. Il est évident qu'on arriverait à fixer complétement l'azote par l'emploi du noir en quantité plus forte, mais, au point de vue de l'agriculture, il suffit d'établir qu'à + 15° de température 15 à 20 pour cent de noir animal en poudre fine mélangé au guano ont une énergique faculté condensatrice pour des gaz ammoniacaux.

IV.

Pour déterminer le rôle de la terre arable en présence des matériaux volatils du guano, j'ai successivement employé : 1° une terre

brune assez maigre provenant du jardin de l'École des sciences; 2° une terre argileuse grise des marais de Saint-Gildas-des-Bois (Loire-Inférieure); 3° une terre jaune, très-siliceuse de la même localité; 4° enfin un sable siliceux grossier recueilli sur des landes et séparé de la terre brune dans laquelle il était disséminé. On avait dosé dans ces terres les éléments constitutifs suivants :

	I. Terre du jardin.	II. Terre grise du marais.	III. Terre jaune.
Gravier siliceux moyen. . . .	30,50	20,20	39,00
Sable siliceux fin.	42,88	39,66	38,73
Argile avec traces de calcaire. .	26,62 (1)	40,14 (2)	22,27 (3)
	100,00	100,00	100,00

10°, 11° et 12° expériences. — 10 grammes de guano ont été mélangés avec 50 grammes de ces terres et soumis à l'action de 16 litres d'air à $+15°$, l'acide sulfurique normal n'avait pas après l'expérience subi la moindre modification. Les terres employées, alors même qu'elles étaient complétement dépourvues de substance organique, comme le type n° 3, avaient donc fixé l'ammoniaque de l'engrais.

13° expérience. — On a mélangé 50 grammes de guano avec 10 grammes de sable siliceux, la déperdition constatée par le titrage de la liqueur sulfurique normale après le passage de 16 litres d'air à $+15°$ a fourni pour la perte :

Azote.	0g.,0049
Ammoniaque.	0g.,0059

L'azote volatilisé représente 0,46 *pour* 100 *de celui que renfermait le guano.*

Cette perte a été un peu plus forte que celle observée dans l'expérience n° 5 où les 10 grammes de guano étaient employés sans mélange. Il est facile de comprendre que la volatilisation ait été rendue plus active par suite de la dissémination du guano dans une matière inerte comme le sable siliceux. Quoi qu'il en soit, les rapports de 0,36 à 0,46 pour 100 ne sont pas très-éloignés l'un de l'autre, et on voit, en tout cas, que l'action condensatrice du sable siliceux a été nulle.

(1) Cette argile renferme un peu d'humus.

(2) Une matière brune à réaction acide et propre aux terrains de landes colorait assez fortement cette argile.

(3) Argile très-légèrement calcaire.

Il m'a semblé intéressant de provoquer une active décomposition des sels ammoniacaux du guano par l'addition de chaux vive, et d'examiner le rôle de la terre en présence d'une cause aussi énergique de dégagement de gaz fertilisants. Cette recherche a donné lieu à l'expérience décrite ci-dessous.

14° expérience. — 10 grammes de guano mélangés intimement et rapidement à 0g,5 de chaux vive en poudre impalpable sont introduits dans le tube de l'appareil. On fait passer sur le mélange 16 litres d'air à + 15° et on obtient en matière évaporée :

Azote.	0g.,0850
Ammoniaque.	0g.,1031

L'azote volatilisé s'élève donc à 8,50 pour 100 de l'azote du guano.

15° expérience. — Un mélange identique est additionné de 50 grammes de terre de jardin de l'École des sciences. Après le passage des 16 litres d'air à + 15° on obtient pour l'azote disparu :

Azote.	0g.,0052
Ammoniaque.	0g.,0063

La perte d'azote s'est élevée à 0,49 pour 100 de l'azote du guano. Le résultat de l'expérience précédente ne m'a pas surpris en raison de l'énergie avec laquelle la chaux détermine le dégagement de l'ammoniaque du guano, je m'attendais même à une déperdition bien plus considérable; il est probable qu'en présence d'une quantité suffisante l'ammoniaque serait complétement fixée.

J'ai voulu cependant me rendre compte de l'effet que produisait une terre tourbeuse dans les mêmes circonstances.

16° expérience. — On emploie 10 grammes de guano, 0g,5 de chaux et 50 grammes de tourbe de Montoir : on fait passer 16 litres d'air à + 15°, le titrage de l'acide normal conduit à reconnaître *qu'il ne s'est pas évaporé la moindre trace d'azote*, ce qui est du reste en parfait accord avec les observations de M. Brustlein effectuées sur le terreau et la tourbe immergées dans une eau ammoniacale.

RECHERCHES SUR LA VOLATILISATION DE L'AZOTE DU GUANO PÉRUVIEN.

MATIÈRES EMPLOYÉES.	TEMPÉRATURE	AZOTE évaporé.	AMMONIAQUE correspondant	Rapport de l'azote évaporé à l'azote du guano.	OBSERVATIONS.
GUANO.		gr.	gr.		
1 gr. guano exposé un mois à l'air		0.0043	0.0052	4.07 0/0	Le guano employé renferme :
4 gr. guano et 8 lit. d'air......	+ 15°	0.0007	0.0008	0.16 »	Azote ammoniacal. 4.18
10 gr. guano et 10 lit. d'air.....	+ 15°	0.0014	0.0016	0 13 »	Azote organique. . 6.37
10 gr. guano et 16 lit. d'air.....	+ 15°	0.0038	0.0046	0.36 »	10.55
10 gr. guano et 16 lit. d'air.....	+ 30°	0.0115	0.0139	1.09 »	
GUANO ET NOIR ANIMAL.					
9 gr. guano et 1 gr. noir animal..	+ 15°	0.0007	0.0008	0.07 »	Toutes les déterminations qui suivent ont eu lieu après le passage de 16 litres d'air sur la matière en expérience.
9 gr. guano et 1 gr. noir animal..	+ 30°	0 0099	0.0120	1.04 »	
8 gr. guano et 2 gr. noir animal..	+ 30°	0.0099	0.0120	1.17 »	
GUANO ET TERRE.					
10 gr. guano et 50 gr. terre ordin.	+ 15°	0.000	0.000	0.00 »	Terre du jardin de l'École des Sciences.
10 gr. guano et 50 gr. terre de marais........................	+ 15°	0.000	0.000	0.00 »	»
10 gr. guano et 50 gr. terre jaune de Saint-Gildas............	+ 15°	0.000	0.000	0.00 »	»
10 gr. guano et 50 gr. sable siliceux........................	+ 15°	0.0049	0.0059	0.46 »	»
GUANO, CHAUX ET TERRE.					
10 gr. guano et 0g,5 chaux......	+ 15°	0.0850	0.1031	8.50 »	Terre du Jardin de l'École des Sciences.
10 gr. guano, 0g,5 chaux et 50 gr. de terre ordinaire............	+ 15°	0.0052	0.0063	0.49 »	»
10 gr. guano, 0g,5 chaux et 50 gr. tourbe.....................	+ 15°	0.0000	0.0000	0.00 »	»

CONCLUSIONS

Il résulte des expériences mentionnées dans ce mémoire :

1° Que la déperdition en azote de guano péruvien, dont l'importance est réelle sous l'influence des transports et de l'emmagasinage devient insignifiante à la température ordinaire si l'engrais est additionné d'une suffisante quantité de noir animal fin (15 à 20 pour 100).

2° Que des terres arables, alors même qu'elles ne renferment que des traces de matières organiques, fixent énergiquement l'ammoniaque du guano à la température de + 15°.

3° Que le pouvoir fixateur du sable siliceux est nul.

4° Que la terre ordinaire condense et retient fortement l'ammoniaque du guano alors même que cet engrais subit la décomposition que détermine dans sa masse l'action de la chaux vive très-divisée.

5° Qu'avec de la tourbe, la fixation de l'ammoniaque ainsi dégagée se fait d'une manière absolue.

6° Qu'en raison même de ces observations, le traitement dispendieux du guano péruvien par l'acide sulfurique, traitement qui empêche évidemment toute déperdition d'azote pendant les transports et l'emmagasinage de l'engrais, n'a pas d'utilité pour l'agriculture (1).

Ces conclusions découlent d'une série d'expériences qu'il ne faut apprécier qu'au point de vue comparatif. Il est évident en effet qu'en faisant varier la quantité d'air, la température, les proportions relatives de l'engrais et de la terre on fût arrivé à des résultats intéressants. Je ferai toutefois remarquer que la fixation de l'ammoniaque à une température de + 15° centig. par une terre dépourvue d'humus, dont le poids n'est à celui du guano que comme 5 est à 1, constitue un fait dont la signification agricole est absolue: Il n'est pas inutile de faire remarquer d'ailleurs que le passage de l'air dans un tube constitue une cause de volatilisation bien plus énergique que le contact du même gaz dans les interstices du sol.

Toutes mes observations ont porté sur de la terre séchée à 100° dont le pouvoir condensateur pour l'ammoniaque serait d'après M. Brustlein un maximum : le guano employé provenait du gise-

(1) Le *guano dissous* fabriqué depuis quelque temps au moyen des guanos Guañape et Macabi additionnés d'acide sulfurique, offre, d'après mes analyses, une composition constante représentée par les chiffres suivants:

Matières volatiles au rouge 64.00.	Humidité déterminée à 100°	15.40
	Ammoniaque toute formée	8.90
	Azote à l'état de matière organique	1.92
	Matière organique (déduction faite de l'azote) et eau de combinaison	37.78
Matières fixes, 36.00	Acide phosphorique soluble dans l'eau (correspondant à 19.85 de phosphate tribasique de chaux)	9.11
	Phosphate tribasique de chaux (renfermant 2.29 d'acide phosphorique)	5.00
	Sels alcalins et magnésiens (renfermant 1.09 de potasse).	2.80
	Sulfate de chaux, — chaux unie à une portion de l'acide phosphorique soluble	17.10
	Résidu siliceux insoluble dans les acides	1.99
		100.00

Azote à l'état ammoniacal	7.33
Azote contenu dans la matière organique	1.92
Total..	9.25
Soit ammoniaque	11.23

ment de Macabi, qui, avec celui de Guañape, alimente exclusivement aujourd'hui l'agriculture française (1).

Pour l'exécution de ces recherches j'ai été aidé par M. Leblanc, bachelier ès sciences, élève de mon laboratoire.

DE LA RESPIRATION DES BETTERAVES A SUCRE

PAR

M. A. HEINTZ.

(Athmung der Rübenwurzeln. Zeitschr. des Vereins für die Zuckerrüben industrie des deutschen Reichs. V. 23, p. 196.)

Pendant la période de repos, depuis l'automne jusqu'au printemps, la nutrition de la betterave est suspendue, mais la respiration continue et cette circonstance explique pourquoi la betterave perd de son sucre quand on l'abandonne à elle-même pendant longtemps. Pour étudier ce phénomène, l'auteur fait passer un courant d'air sec et privé d'acide carbonique à travers une cloche remplie de betteraves; l'air traverse ensuite un tube à chlorure de calcium et un tube à potasse. L'appareil était disposé dans un coin obscur à la température à peu près constante de 10°. Le courant d'air y circulait tous les jours pendant dix heures et la durée totale de l'expérience était de trente jours, du 16 novembre au 15 décembre.

Le poids des betteraves avant l'expérience a été de 4400 gr., après l'expérience de 4330,5, le poids d'acide carbonique dégagé a été de 34,3.

Betteraves avant l'expérience.		Betteraves après l'expérience.	
	4400 gr.		4330,5
Augmentation de poids...	25,2	Eau émise	60,4
		Acide carb. émis....	34,3
	4425,2		4425,2

(1) Voici le résultat de 197 analyses de guano de ces deux provenances. J'ai rapproché les résultats obtenus par M. Barral de ceux auxquels je suis arrivé de mon côté. L'uniformité de composition des chargements en ressort de la manière la plus claire.

		M. BARRAL.	M. BOBIERRE.	MOYENNE.
Guano Macabi .. 93 chargements	Azote	11.88	11.56	11 72
	Acide phosphorique..........	11.93	13.12	12.52
Guano Guañape. 104 chargements	Azote........................	10.83	10.93	10.88
	Acide phosphorique..........	14.08	13.65	13.86

Théoriquement, la réaction chimique s'explique de cette manière :

$C^{12}H^{11}O^{11} + 24O = 11HO + 12CO^2$; l'acide carbonique dégagé étant 34gr,3 ; 120² sera 24gr,9 ; l'expérience a donné pour l'augmentation de poids produite par l'absorption d'oxygène 25gr,2.

Le calcul indique que 50 000 kilogr. de betteraves perdent pendant deux mois, à 10° c., 500 kilogr. de sucre.

Il est impossible d'éviter cette perte de sucre autrement que par le froid. Quand on empêche l'accès de l'air les betteraves meurent par asphyxie et il se produit une série de décompositions dans lesquelles le sucre ne se transforme pas en acide carbonique, mais en différentes matières non volatiles.

La basse température est essentielle pour la conservation de la betterave. A 35° l'auteur a observé un développement très-actif de champignons (oïdium lactis, penicillium glaucum, mucor mucedo) et la fermentation lactique.

Le gaz contenu dans la betterave a été obtenu de deux manières différentes, en râpant la betterave et en faisant bouillir la pulpe ou en la mettant à froid sous le récipient d'une machine pneumatique. La composition de ce gaz est très-variable :

	a	b	c	d	e
Acide carbonique.......	30,52	35,10	11,49	41,02	78,90
Oxygène...............	0,14	0,56	1,53	2,10	0,06
Azote..................	69,34	64,34	86,98	56,88	21,04
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Les chiffres des deux premières colonnes ont été obtenus par la première méthode, ceux des trois autres par la machine pneumatique à froid.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Le Gérant : G. MASSON.

RAPPORT

SUR LES MALADIES DES CÉDRATIERS EN CORSE

PAR

M. E. MAILLOT

Professeur agrégé de l'Université, Directeur de la Station séricicole de Montpellier.

A Monsieur le Ministre de l'Agriculture et du Commerce.

Monsieur le Ministre,

Par une lettre en date du 21 mars 1874, l'honorable M. Deseilligny, votre prédécesseur, à la suite d'un vœu émis par le Conseil général de la Corse, m'a chargé de faire des recherches sur les maladies qui attaquent les Cédratiers dans cette île, et qui s'y développent depuis quelques années au point de donner de sérieuses inquiétudes pour l'avenir.

D'après les informations qui me furent transmises alors, les arbres paraissaient malades par suite de l'invasion sur eux de diverses sortes de parasites, et je devais étudier ceux-ci, afin de découvrir quelque préservatif contre leurs ravages.

Je fis en conséquence un premier voyage en Corse, du 4 au 15 avril, mais les insectes n'avaient pas encore paru, sans doute à cause du froid; je ne pus recueillir qu'un petit nombre de renseignements sur eux et sur la culture des cédratiers. Mais dans une deuxième excursion, du 28 juillet au 16 août, il me fut facile de trouver sur un grand nombre d'arbres les insectes destructeurs, la fumagine, et des fruits gommeux. D'après l'état de souffrance de certains pieds que j'observai, il me parut que la présence des insectes et des parasites en général n'était pas la seule cause du mal, et je m'efforçai d'en découvrir les diverses origines parmi les conditions mêmes de la culture; c'est un travail qui exigerait de très-longues observations, et je l'ai à peine ébauché.

Malgré l'état très-incomplet de mes recherches, je viens vous les soumettre aujourd'hui, M. le Ministre, dans l'espoir qu'elles pourront être un point de départ pour des études nouvelles.

Au point de vue pratique immédiat, je suis porté à croire qu'on s'est exagéré le danger, et que les plantations de cédratiers ne sont pas menacées dans leur existence, ni par les insectes, ni par la

gomme, d'une manière inévitable : tel est, du moins, le sens des conclusions de mon rapport.

Je ne saurais oublier, M. le Ministre, de vous mentionner ici l'appui efficace que j'ai reçu, durant mon séjour en Corse, de M. le comte de Casabianca, de MM. Piccioni, et de M. Floret. J'ai obtenu de M. Vallesi, à Vescovato, et de M. Franceschini, à l'Ile-Rousse, des renseignements précieux sur les plantations qu'ils dirigent. Je dois aussi à M. le Préfet de la Corse et à M. le Directeur des douanes de Bastia plusieurs documents statistiques que je citerai dans ce rapport; j'emprunterai enfin quelques passages à divers mémoires qui m'ont été communiqués avec la plus grande générosité par M. Castagnola, ministre de l'Agriculture d'Italie, et M. Goeze, directeur du Jardin botanique de Lisbonne.

J'ai l'honneur d'être, M. le Ministre, avec le plus profond respect,

Votre très-humble et très-obéissant serviteur,

Le Directeur de la station séricicole,

E. MAILLOT.

Montpellier, le 6 avril 1875.

I

Importance de la culture du cédratier en Corse.

On comprend sous le nom collectif d'*orangers* plusieurs sortes d'arbres ou arbustes du Midi que les botanistes ont classés dans le genre *citrus*, et que tout le monde admire pour la beauté du feuillage, ainsi que la beauté et le parfum des fleurs et des fruits. Le *cédratier* est un des types les plus remarquables de cette famille. Il se distingue par son port élevé, ses rameaux courts, rigides, presque toujours armés de fortes épines, ses feuilles dentelées, ses fruits très-gros, oblongs, à écorce généralement raboteuse. Les cédrats ont du reste la même structure que les *limons* (vulgairement *citrons*); mais tandis que les limons ont une pulpe abondante et très-acide, revêtue d'une enveloppe très-mince, les cédrats ont la chair acidule, peu développée, et l'écorce (zeste) très-épaisse. C'est surtout pour cette écorce qu'on cultive le cédratier.

Il y a, paraît-il, plus d'un siècle que cet arbuste est cultivé au cap Corse, mais il n'a été l'objet d'exploitations industrielles que depuis une trentaine d'années. Du cap, il s'est répandu dans la Balagne, le Nebbio, les environs de Bastia, et enfin dans toute l'éten-

due de l'île. Cette propagation rapide s'explique par la facilité avec laquelle le cédratier se reproduit au moyen de boutures, et par l'abondance ainsi que le prix élevé des récoltes. Un hectare contient 400 à 500 plants qui commencent à produire dès la troisième année : chaque pied peut donner alors 2 à 3 kilog. de fruits; l'année suivante ils peuvent porter 20 à 30 kilog.; à six ans, 100 kilog.; l'arbre est alors en plein rapport, et on s'attache à conserver cette production moyenne; mais il n'est pas rare de trouver des pieds qui rapportent 150 kil., 200 kil. et davantage.

Ces fruits sont achetés sur pied par les commerçants, au prix minimum de 5 francs le *rub* de 25 livres d'Italie (8 kilog. environ) : c'est donc un revenu brut de 20 000 à 30 000 francs par hectare, quand la plantation va bien.

On jugera, par les chiffres suivants, de l'importance actuelle de cette culture.

NOMBRE APPROXIMATIF DES CÉDRATIERS EN CORSE,
d'après une enquête administrative faite au commencement de 1874.

ARRONDISSEMENT.	NOMBRE.	CANTON.	NOMBRE.	ARRONDISSEMENT.	NOMBRE.	CANTON.	NOMBRE.
		Calvi	10 200	*Report*	283 370	....	283 370
		Belgodere	7 756			Omessa	720
CALVI	57 516	Calenzana	7 240			Piedicorte	365
		Ile Rousse	24 800			Piedicroce	165
		Olmi Cappella	»			Pietra	760
		Muro	7 520	CORTE (*suite*)	2 610	Prunelli	400
						San-Lorenzo	»
		Bastia	20 000			Sermano	»
		Borgo	17 700			Serraggio	»
		Brando	13 450			Valle d'Alesani	»
		Campile	4 000			Vezzani	200
		Campitello	2 650				
		Cervione	14 822			Ajaccio	5 757
		Lama	1 700			Bastelica	»
		Luri	28 000			Bocognano	»
		Murato	1 500			Evisa	»
BASTIA	225 307	Nonza	20 900			Piana	2 500
		Oletta	17 800			Salice	»
		Pero	1 840	AJACCIO	15 147	Santa-Maria	6 440
		Porta	»			Sari	»
		Rogliano	28 700			Sarrola	450
		Saint-Florent	13 200			Soccia	»
		San-Martino	1 010			Vico	»
		San-Nicolao	6 235			Zicavo	»
		Santo-Pietro	5 800				
		Vescovato	26 000			Sartène	5 300
						Bonifacio	690
		Corte	»			Levie	»
		Callacuccia	»	SARTÈNE	9 203	Olmetto	1 370
		Castifao	»			Petreto	713
CORTE	547	Ghisoni	200			Porto Vecchio	750
		Moita	307			Santa-Lucia	380
		Morosaglia	40			Serra	»
A reporter	283 370		283 370	TOTAL	310 330		310 330

Voici d'autre part le relevé fait par l'administration des douanes, des quantités de cédrats frais et salés exportés par les divers ports de la Corse, depuis l'année 1867.

	CÉDRATS EXPORTÉS POUR		TOTAUX
	les ports de France	l'étranger	
	kil.	kil.	kil.
1867	48.368	1.171.615	1.219.983
1868	90.762	942.950	1.033.712
1869	66.996	995.124	1.062.120
1870	10.652	270.151	280.803
1871	64.205	809.102	873.307
1872	63.990	677.154	741.144
1873	86.302	877.605	963.907
1874	31.218	1.343.850	1.375.068

On voit qu'au prix moyen de 0 fr. 60 le kilogramme, la valeur brute des cédrats exportés dépasse aujourd'hui 800 000 francs. Quand la confiserie les a transformés, par un travail facile et qui exige seulement l'emploi d'un peu de sirop de sucre, la valeur de ces fruits est quintuplée. Le bénéfice qui en résulte est très-notable, et les chiffres précédents montrent qu'il est acquis pour la majeure partie à l'étranger : l'exportation pour la France n'est pas la quarantième partie de l'exportation totale.

Si donc il y a pour la Corse un grand intérêt à conserver et à développer la culture du cédratier, la France tout entière peut encore y trouver de sérieux avantages. Ces raisons économiques, parfaitement appréciées depuis quelques années, ont provoqué la création de vastes plantations dans toute la Corse. Malheureusement divers obstacles, au nombre desquels les ravages des insectes tiennent un rang important, sont venus ralentir et presque arrêter ce bel essor.

II

Maladies des cédratiers. Leurs causes probables.

Le succès d'une culture nouvelle dans un pays dépend d'une foule de circonstances dont il est difficile de prévoir l'influence à priori, mais qui mériteraient bien de préoccuper les agriculteurs.

Car si l'espèce végétale dont il s'agit n'est pas bien adaptée aux conditions qui vont l'environner, elle exigera des soins perpétuels et minutieux, et périra souvent en dépit de tous les efforts. Les conditions de son existence ne se bornent pas, en effet, au sol et au climat; elles comprennent encore la lutte contre les autres espèces animales ou végétales toujours en présence, et toujours prêtes à se développer aux dépens de tout ce qui les entoure. « Rien n'est plus facile, dit Darwin, que d'admettre en paroles la réalité de l'universelle lutte des êtres organisés pour l'existence; mais rien de plus difficile que de l'avoir toujours présente à l'esprit. »

Dans le cas particulier du cédratier, il est hors de doute que dans les nombreuses plantations faites récemment en divers points de la Corse, on ne s'est pas toujours inquiété de donner aux arbres des abris contre la gelée, une aération convenable, des engrais appropriés, enfin une protection suffisante contre les parasites qui tendent sans cesse à pulluler à leurs dépens.

Le cédratier paraît originaire des provinces méridionales de la Chine. Les rivages du nord de la Méditerranée sont déjà pour lui des pays froids, et cette circonstance en rend la culture plus difficile. Il en est à peu près de même de l'oranger et du limonier. Aussi n'est-il pas bien étonnant que dans certains lieux, ou à certaines époques, ces arbres se soient trouvés dans des conditions par trop mauvaises, et qu'ils aient offert des signes de dépérissement.

Depuis une cinquantaine d'années, diverses maladies ont été remarquées dans les plantations du sud de l'Europe, et même, paraît-il, aux Açores et dans l'Inde. Ces maladies, jusqu'à présent fort mal définies, se traduisent soit par la décomposition des racines, soit par une sécrétion gommeuse qui s'écoule des fissures de l'écorce ou s'accumule dans les fruits, soit par un développement d'animaux ou de végétaux parasites sur toutes les parties de l'arbre.

Je ne parle que par ouï-dire de la décomposition des racines, car je n'ai pas eu occasion de l'observer en Corse. J'ai fait mettre à nu les racines de plusieurs cédratiers affectés de gomme ou couverts de fumagine, et je n'ai trouvé aucune trace de pourriture ni de champignon rhyzoctone. Cependant il n'est pas douteux que ce cas puisse se présenter. M. V. Rendu l'a signalé, en 1851, dans les plantations d'Hyères, et il attribue surtout à cette cause la destruction des orangers de cette région. (*Comptes rendus de l'Académie*, t. XXXIII, p. 682.)

La maladie de la gomme est une affection beaucoup plus fréquente, et elle se rencontre sur les orangers et les limoniers aussi bien que sur les cédratiers, seulement le siége des exsudations gommeuses n'est pas tout à fait le même. Dans les cédratiers, elles se font surtout dans l'intérieur des fruits ou à leur surface, sans que la tige et les branches en offrent aucune trace. Les cédrats ainsi gâtés sont impropres à aucun usage. Il est à remarquer qu'ils sont tous piqués par des larves, et le plus souvent ils renferment ces larves encore vivantes. Cela tendrait à faire croire que la sécrétion gommeuse est occasionnée par cette piqûre, et se produirait ailleurs, si on lui donnait issue, par exemple par des scarifications à l'écorce. Plusieurs fois, j'ai trouvé les cédratiers gommeux blessés près du collet, et il s'y faisait un suintement de ce genre. C'est, paraît-il, de cette façon que la gomme se manifeste sur les limoniers et les orangers; elle sort par les excoriations de la tige ou des racines, et non sur les fruits.

Enfin les arbres malades sont presque toujours envahis par divers parasites. C'est même à leur présence et à leur action nuisible que beaucoup de personnes attribuent l'état de souffrance qu'on observe.

Ces diverses maladies des orangers ont donné lieu déjà à beaucoup de recherches ; mais on n'a pas encore bien constaté l'efficacité d'aucun des remèdes qui ont été proposés. Avant de hasarder, à mon tour, une opinion sur ces questions, j'examinerai les conditions au milieu desquelles ces arbres doivent vivre, afin d'en découvrir, autant que possible, les influences.

Plusieurs de ces conditions sont évidemment nuisibles, et à ce titre elles méritent une attention particulière ; ce sont :

1° Le froid ;

2° Les terrains peu propices ;

3° Les parasites.

J'exposerai les principaux faits que j'ai recueillis sur tous ces points, et en même temps je mentionnerai les circonstances diverses qui m'ont paru agir sur la santé et la vigueur des arbres.

III

Action du froid.

Le froid de l'hiver et les gelées tardives sont bien souvent funestes aux plantations de cédratiers. En général il n'y a de gelées que les

petites branches, mais de temps à autre le froid plus intense ne laisse subsister que les plus fortes branches, ou même les tiges seulement. Alors il faut trois années pour que les racines redonnent des jets portant fruit, ce qui représente une perte très-considérable.

On estime, par exemple, que la gelée du 12 février 1874 a fait périr jusqu'aux racines plus de trente mille cédratiers dans l'île de Corse : c'est environ la dixième partie des arbres existants. Voici comment cette quantité se répartit entre les cinq arrondissements :

	Cédratiers existant au 1er janvier.	Cédratiers gelés en février.		
Corte	3 157	1 211	c'est-à-dire environ	1/3
Bastia	225 307	25 830	—	1/8
Calvi	57 516	4 541	—	1/12
Ajaccio	15 147	1 000	—	1/15
Sartène	9 203	350	—	1/30

En appréciant, d'après ces chiffres, les dommages que le froid peut causer en une seule année, on reste encore au-dessous de la vérité. Car les pieds de cédratiers qui résistent à une gelée ne laissent pas que d'en souffrir plus ou moins; la floraison du printemps peut être nulle ou peu abondante, et comme la seconde floraison est généralement ravagée par les insectes, il s'en suit que la récolte de l'année se trouve fort diminuée.

Il serait même possible que l'altération survenue dans la sève fût une des causes de la formation de la gomme; au moins a-t-on remarqué, dit M. Massimi, que cette maladie est devenue intense après les fortes gelées survenues en 1869 et 1870.

On comprendra cette supposition, en examinant les conditions qui favorisent ou qui empêchent les effets destructeurs du froid; plusieurs de ces conditions sont parfaitement expliquées par M. Sachs, et je les rappellerai ici sommairement (1).

Les cellules végétales renferment, comme chacun sait, une matière vivante, imprégnée d'eau, et diverses substances qui sont en dissolution; quand le froid les saisit, une partie de l'eau se sépare et se congèle, et lorsque la chaleur revient, cette glace fond; mais alors, de deux choses l'une : ou bien cette eau de fusion est réabsorbée par les substances qui la contenaient d'abord, et les cellules continuent à vivre; ou bien elle n'est pas absorbée, et s'écoulant

(1) Sachs, *Traité de Botanique*, traduction Van Tieghem. Paris, 1874.

par les lacunes et les déchirures des tissus, nous montre que ceux-ci ont cessé de vivre. On peut se faire une idée de ce dernier cas, en soumettant à la gelée, puis au dégel, de l'empois d'amidon bien homogène; il ne restera qu'un corps spongieux, mêlé avec de l'eau limpide.

Plus il y a d'eau dans un végétal, plus on a sujet de craindre, pour lui, l'action du froid; il faut donc garantir surtout les arbres jeunes, et empêcher aussi, autant que possible, le mouvement de la séve de se produire trop tôt.

D'autre part, plus le dégel a lieu lentement, plus il y a de chances pour que l'eau de fusion se réintègre peu à peu dans la composition des cellules; il faut par conséquent, après une gelée, empêcher la chaleur de saisir brusquement les arbres, et faire tout son possible pour que le dégel soit lent. Risso a vu, en 1811, à Nice, les orangers ne pas souffrir d'une neige abondante, parce que la fonte eut lieu par un temps couvert.

Il n'est pas besoin, du reste, que je prouve plus longuement l'utilité d'abris protecteurs contre le froid; tout le monde en a senti la nécessité, surtout dans le nord de la Corse.

En général, au cap Corse, on forme autour des cédratiers une enceinte de claies assez hautes et très-serrées, en fascines ou en roseaux; ou bien on adosse la plantation à une muraille qui supporte pendant l'hiver une légère toiture de branchages.

On a reconnu aux murailles l'inconvénient de réverbérer la chaleur du soleil, et de provoquer la végétation de trop bonne heure à la sortie de l'hiver.

J'ai observé dans la plaine de Vescovato une plantation qui n'a pas souffert, comme les autres, de la gelée survenue en février 1874: elle est située dans une petite clairière, au milieu d'une forêt de très-grands oliviers qui l'abritent de tous côtés.

D'après Laure (1), il faut abriter les orangers par des rangées doubles ou triples de cyprès, qui se répètent à des distances convenables.

Ces rangées d'arbres sont aussi des brise-vents excellents. Dans certains endroits du cap, on tient les cédratiers si bas à cause du vent, qu'il faut ramper dessous à plat-ventre pour les émonder, récolter les fruits, ou piocher la terre; cette proximité du sol favorise aussi

(1) *Manuel du cultivateur provençal*, tome 2, page 332.

le développement de la fumagine. Il y aurait donc tout avantage à employer là des abris de cyprès.

Il paraît que le même moyen est adopté aux Açores; on lit en effet dans la *Revue horticole* (1853, p. 58) :

« Bien des gens supposent qu'à Saint-Michel l'oranger croît spontanément, et qu'il donne son fruit sans recevoir aucune espèce de soins : c'est une erreur. Avant d'établir une plantation d'orangers, il faut construire une haute muraille, puis planter en long et en large des lignes de *Pittosporum undulatum* pour rompre la violence des vents... Quand les murs sont bâtis et les brise-vents plantés, on défonce le sol, mais on prend rarement la peine de le niveler; les allées suivent les ondulations naturelles du terrain. Ce travail terminé, on plante les orangers, espacés entre eux de 8 à 9 mètres en tous sens; puis on ensemence le sol en lupins, qui étant enfouis comme engrais végétal, sont regardés par les Portugais comme la meilleure nourriture qu'on puisse donner aux racines des orangers.... On taille les orangers tous les ans pour élaguer les branches superflues, et assurer la libre circulation de l'air nécessaire à la maturité des fruits. »

Toutes ces dispositions paraissent assez avantageuses, et, sauf la distance à donner aux plants, on pourrait probablement les imiter utilement en Corse.

Il y a encore un genre d'abris qu'on peut recommander : ce sont les abris de paille. Tout le monde connaît les paillassons qu'emploient les jardiniers, et il est surprenant qu'on les ait oubliés dans la culture des cédratiers; il serait facile de rendre leur usage très-commode, en donnant aux arbres des formes d'espaliers, ou de cordons peu élevés, et déjà M. Dubreuil a conseillé de les tailler ainsi pour obtenir des récoltes plus régulières. Peut-être des essais de ce genre ont-ils eu lieu, mais je n'en ai vu aucun exemple.

Enfin on pourrait, pour protéger les cédratiers contre le froid, les butter fortement avant l'hiver. Autrefois le buttage était pratiqué aux environs d'Hyères, pour les orangers des jardins, et on se trouvait très-bien de cette pratique. Il est certain qu'elle mérite d'être reprise, au moins à titre d'essai.

IV

Influence des conditions du sol.

Le sol peut agir sur les plantes par son état physique et sa nature chimique.

Parmi les conditions physiques utiles pour la vie et la santé des cédratiers, on ne doit pas oublier la *perméabilité*, qui doit exister jusque dans le sous-sol, de sorte que l'eau ne puisse pas rester stagnante autour des racines.

L'excès d'eau peut en effet déterminer la pourriture des racines. Il peut nuire encore autrement, en altérant la sève, soit à l'époque des gelées, comme on l'a déjà dit, soit pendant les grandes chaleurs par le tassement et le refroidissement du sol. Au surplus, de quelque manière que cet effet se produise, l'essentiel est de l'éviter. Dans deux plantations de cédratiers, près de Vescovato, les arbres à fruits gommeux m'ont paru cantonnés exclusivement là où l'eau stagnante pouvait exister, savoir dans un cas, au fond d'une dépression de terrain, et dans l'autre, au bord d'un fossé d'arrosage qui eût mieux mérité le nom de mare, et qui recevait toutes les eaux d'alentour.

Même dans un terrain assez perméable, une irrigation excessive produit les mêmes effets. On a parfaitement reconnu cela en Sicile, et il y en a des preuves nombreuses dans un rapport adressé en 1874 au Ministère de l'agriculture d'Italie par MM. Silvestri et Tornabene, professeurs à Catane : ils ont vu, par exemple, les limoniers devenir gommeux dans des terrains en pente partout où on faisait des barrages pour arrêter les eaux ; en démolissant les barrages, la maladie a disparu ; ils ont constaté aussi qu'elle se manifestait surtout dans les bas-fonds, et près des canaux d'arrosage, ou enfin dans les terres détrempées par des pluies ou des arrosages trop prolongés.

Au surplus, les arbres jeunes, plantés dans des terres bien défoncées, demeurent sains et vigoureux, au milieu des plantations malades. Il faut donc que les racines aient atteint le fond de terres remuées, avant que la gomme se manifeste.

Considérons maintenant la nature chimique du sol, j'entends par là celle du terrain toujours plus ou moins fumé où végètent les cédratiers.

La production surabondante de gomme, qui constitue la maladie

la plus commune de ces arbres, viendrait-elle du défaut de quelque substance chimique dans le sol? C'est une hypothèse qui séduit assez mais on ne peut guère la soutenir. Car, d'un côté, les fumures qu'on prodigue à la terre renferment en quantité bien suffisante tous les éléments qu'exige la végétation. D'autre part, on trouve côte à côte dans une même plantation, par conséquent dans des milieux de même nature, des pieds d'arbres malades, et des pieds très-sains, et de plus cela se voit dans les sols les plus divers.

C'est aussi ce qu'ont remarqué MM. Silvestri et Tornabene. Aussi, tandis que la perméabilité des terres, et spécialement du sous-sol, est à leurs yeux un point capital, iis semblent attacher assez peu d'importance à leur composition chimique.

Toutefois M. Silvestri a entrepris de nombreuses analyses, dont je crois devoir citer les principaux résultats. Il a étudié trois terrains : le premier, de la province de Syracuse, est un des meilleurs qui existent; les deux autres, de la province de Catane, viennent de plantations malades. Il a, en outre, analysé les cendres de tiges, feuilles et fruits de limoniers sains et limoniers gommeux, et les cendres de la gomme elle-même. Il a trouvé les chiffres suivants que j'emprunte à son rapport :

	TERRES			TIGE		FEUILLE		FRUIT		GOMME
	1	2	3	saine	malade	saine	malade	sain	malade	
Acide carbonique....	3.33	0.00	0.58							
— sulfurique.....	0.12	0.01	0.00	2.13	2.19	3.06	2.42	4.17	1.36	4.37
— phosphorique..	0.46	0.00	0.00	0.35	0.26	0.54	0.49	0.00	0.00	0.00
— nitrique.......	0.00	0.00	0.00							
— silicique.......	0.06	0.69	0.04	0.67	3.46	1.95	2.80	0.00	0.68	0.70
Silicates insolubles...	74.36	83.61	83.71							
Chlore.............	0.05	0.01	0.00	0.52	0.71	0.35	0.48	0.33	1.27	0 69
Chaux..............	2.85	0.05	0.43	64.70	51.67	68.40	71.37	19.36	18.57	77.53
Magnésie...........	0.00	0.00	0.00	2.49	2.81	4.70	3.71	3.26	2.65	1.42
Potasse............	0.30	0.00	0.00	13.04	11.36	9.55	5.92	39.36	39.28	8.70
Soude..............	0.59	0.09	0.16							
Alumine............	3.92	1.39	1.04	15.49[1]	15.33	10.30	6.56	25.93	27.46	3.08
Oxyde de fer........	3.08	4.31	4.40	0.56	12.17	1.11	6.12	7.56	8.75	3.50
Matières organiques..	10.88	9.85	9.64							

[1] Il est douteux pour les analystes les plus habiles que l'alumine existe dans les cendres des végétaux, on ne saurait admettre sans de nouvelles recherches que les cendres des cédratiers en renferment des quantités aussi considérables. (*Note du R.*)

Il est difficile de tirer de ces chiffres aucune conclusion pratique. Sans doute il en ressort la nécessité de fournir au sol une certaine quantité de potasse et de chaux, mais c'est ce qu'on fait au moyen

des fumures ordinaires, en dépassant même les limites indiquées ci-dessus. Il semble donc qu'on doive chercher une autre voie; et, par exemple, faire des essais en modifiant une terre quelconque d'une manière spéciale pour divers groupes d'arbres, soit par l'addition de substances chimiques diverses, soit par l'exclusion des organismes parasites qui peuvent endommager les racines. Le temps m'a manqué pour cette entreprise, mais voici plusieurs faits qui tendent à montrer quelle utilité elle pourrait avoir.

Tout le monde sait que dans certaines circonstances les arbres, et spécialement les cédratiers, souffrent de la chlorose : les feuilles deviennent jaunes, et tout le végétal semble languir. Eusèbe Gris a montré, depuis 1843, que cette maladie se guérit très-bien en arrosant la terre d'une dissolution étendue d'un sel de fer, par exemple 500 grammes de sulfate de fer par hectolitre. Ce procédé serait maintes fois applicable, d'après l'état où j'ai vu beaucoup de cédratiers dans le nord de la Corse : on verrait, au pis-aller, si cet état morbide n'est pas la chlorose.

Autre fait : les arboriculteurs recommandent de mettre de la suie au pied des arbres. Cette substance n'agirait-elle pas comme antriputride ou insecticide, et le charbon de terre ne jouirait-il pas des mêmes propriétés ? On est tenté de le croire, d'après le passage suivant que j'emprunte encore au rapport de M. Silvestri. « Dans la province de Catane, dit-il, les détritus de charbon sont en grand crédit, depuis qu'un jour la balayure d'un magasin de houille, près d'Acireale, fut jetée dans une pépinière de jeunes orangers malades, et mêlée à la terre où ils étaient plantés : peu de temps après, la maladie parut moins intense, et elle disparut même chez beaucoup de sujets. »

Voici un second exemple de l'efficacité d'une matière goudronneuse : dans les Alpes-Maritimes, on vit en 1867 beaucoup d'orangers périr par la pourriture des racines; une plaie se déclarait au pied du tronc, et il s'y formait un mycelium blanchâtre; or, M. Bounin, vice-président de la Société d'agriculture de Nice, réussit à guérir ses arbres, en enlevant jusqu'au vif l'endroit attaqué, et recouvrant la partie dénudée d'une couche de brai à calfater, appliqué bouillant. (Voir le *Bulletin de la Société agr. de Nice*, 1867.)

A la même époque, M. Chambre-Germain obtenait près de Cannes de bons résultats en appliquant sur les racines, à la fin de l'été, un mélange de chaux éteinte et de plâtras. (Voir le *Bulletin de la Société agricole de Cannes*, 1867.)

Toutes ces substances pourraient donc faire l'objet de divers essais. Mais ce n'est pas tout. En dehors de l'addition directe de produits chimiques à la terre, il y a des procédés très-simples pour détruire beaucoup de moisissures et d'organismes parasites : ce sont l'aération des racines, et l'écobuage.

Au sujet de l'aération des racines, M. Goeze, directeur du jardin botanique de Lisbonne, rapporte un procédé très-curieux, qu'il a vu employer dans des plantations d'orangers où existait la pourriture. « On met à nu, dit-il, la tige jusqu'aux racines principales, en apportant beaucoup de soin à cette opération; ensuite on remplit le vide formé, non pas avec de la terre, mais avec des pierres de la grosseur du poing, ou mieux encore avec de gros morceaux de charbon de bois, dont l'efficacité contre les matières putrides est bien connue, et on entoure encore la tige à un pied de hauteur au-dessus de terre, avec ces pierres ou ces morceaux de charbon. Ces fragments sont assez distants l'un de l'autre pour former des cavités où l'air circule, arrive jusqu'aux racines, et cet air empêche le développement des champignons. Les arbres ainsi traités ont le plus souvent en quelques mois repris leur aspect de santé, ce dont on s'aperçoit d'abord à la couleur verte des feuilles. » (Voir Goeze, *Ein Beitrag zur Kenntniss der Orangengewaechse*, Hamburg, 1874.)

On pourrait attribuer à la même cause les bons effets dont on a parlé plus haut, des détritus de houille : c'est même l'opinion de M. Silvestri.

En tout cas, il est bien certain que la perméabilité du sol est très-profitable aux arbres. On sait qu'ils se développent mal quand ils sont plantés trop profondément ou quand le sol est trop tassé à la surface, par une action mécanique directe, ou par l'effet des arrosages; toutes ces remarques permettraient peut-être d'expliquer les différences que l'on constate si souvent entre les arbres d'une même plantation.

Relativement à l'écobuage des terres trop riches en matières organiques, plus ou moins remplies d'organismes vivants, je ne puis citer qu'un fait. Cette pratique a donné de bons résultats dans la culture des caféiers aux Antilles, d'après MM. Guérin-Méneville et Perrottet (1842); les conditions de ces plantations offrent, avec celles où se trouvent les cédratiers, une assez grande analogie, pour que les mêmes remèdes puissent être appliqués dans les unes et les autres.

V

Insectes nuisibles.

Les insectes les plus nuisibles que j'aie observés sur les cédratiers sont :

1° La cochenille vulgairement appelée *ragnata* ou *pou blanc;*

2° Le ver du cédrat, larve d'un petit papillon nocturne;

3° Divers pucerons;

4° Diverses sortes de cétoines;

5° Des thrips.

Cochenille. — La cochenille des cédratiers offre à peu près les caractères que les naturalistes attribuent à la cochenille des serres, ou pou blanc des serres (*Coccus adonidum*).

Sur les arbres envahis par cette vermine, il est facile d'observer les divers états que prend l'insecte. On voit d'abord, au milieu de flocons filamenteux blancs, des amas de petits œufs jaunâtres, ellipsoïdes ($0^{mm}30$ sur $0^{mm}16$). Il en sort des insectes de forme adulte, de couleur rosée, qui marchent avec beaucoup d'agilité sur les fruits et les rameaux, et s'arrêtent pour en pomper le suc par intervalles. Plus tard, on les retrouve, toujours avec les mêmes apparences, mais plus grands; ils ont probablement subi une mue; leurs dimensions sont $1^{mm}5$ de long et $0^{mm}8$ de large. Ensuite leur corps rougeâtre blanchit de jour en jour, en se couvrant d'une matière cireuse qui suinte de la peau sous forme de petites baguettes excessivement ténues; cette matière, d'un blanc éclatant, est surtout abondante aux bords des anneaux, de sorte qu'ils paraissent garnis d'appendices cotonneux; mais le frottement les fait tomber aisément. A mesure que l'animal grossit, ses pattes semblent s'atrophier, et ne peuvent plus porter son poids; il n'est bientôt plus amarré au végétal que par son rostre, ou suçoir, qui s'y enfonce profondément. Ce rostre est formé de 4 soies fines pouvant rentrer dans l'intérieur du corps ou en sortir, par le jeu de petits leviers fourchus disposés autour de l'orifice buccal. Sur un individu de 2^{mm} de long, j'ai trouvé que ces soies avaient $1^{mm}2$, et chaque brin, un diamètre de $0^{mm}002$ tout au plus; deux des soies étaient accolées dans toute leur longueur.

Les animaux ainsi conformés sont les femelles. Elles n'ont jamais

d'ailes. Leurs antennes n'ont pas le tiers de la longueur du corps. Les tarses ont un seul article, terminé par une pointe, qui peut être regardée, si l'on veut, comme un 2e article. Pendant la ponte, la sécrétion floconneuse se détache, et les œufs se logent dedans, en s'entassant, au nombre de quarante environ, sous l'abdomen; celui-ci est soulevé et finalement repoussé la pointe en haut, le bec étant la seule attache de l'animal.

Les mâles ont seulement $1^{mm},2$ de long et $0^{mm},3$ de large; leur tête est sans suçoir; elle porte quatre yeux simples; deux antennes à 10 articles, atteignant la moitié de la longueur du corps. Les pattes sont proportionnellement plus longues que dans les femelles, mais composées de la même manière. Le thorax est allongé, muni de deux ailes planes spatuliformes, se recouvrant l'une l'autre ($1^{mm},2$ de long sur $0^{mm},4$ de large), et plus loin, de deux petits appendices qui semblent des vestiges d'ailes, et ont $0^{mm},08$ de long. L'abdomen est terminé par deux filets blancs assez longs ($\frac{1}{5}$ de ^{mm}), formés chacun par deux soies revêtues de sécrétions blanches : c'est la seule partie du corps où il y ait de cette substance cireuse en quantité notable.

Il y aurait lieu d'étudier les mœurs de ces insectes, leurs mues, leurs accouplements, etc. Mais on s'aperçoit au premier coup d'œil qu'ils pullulent prodigieusement, spécialement quand les arbres sont touffus, peu aérés, ou affaiblis par une cause quelconque; ils peuvent même envahir des arbres très-sains, qu'ils gagnent en venant des arbres malades.

Protégés par leur sécrétion floconneuse, ils ne craignent ni le froid, ni la pluie. Aussi est-il très-difficile de les détruire, sans porter préjudice aux arbres. L'eau bouillante, les dissolutions alcalines, le lait de chaux, et par-dessus tout, la benzine, tuent rapidement ces insectes. Mais il resterait à faire des essais de ces substances, de manière à ne pas nuire aux arbres : on pourrait probablement injecter avec une pompe un mélange d'eau et de benzine sur les flocons blancs, ou même les enlever avec une éponge imbibée de benzine (1).

On a conseillé aussi les soufrages répétés, surtout quand les petits insectes viennent d'éclore. Enfin, on peut changer singulièrement les conditions que les arbres toujours verts et trop touffus réunissent pour favoriser le développement des cochenilles, à l'aide d'un

(1) La benzine a l'inconvénient d'attaquer les feuilles ; à l'aide d'un pinceau imbibé d'alcool que l'on applique sur les grappes d'insectes, on réussit mieux à les détruire. (*Note du R.*)

moyen bien simple : l'élagage de nombreux rameaux, afin que l'air pénètre bien dans l'arbre; en même temps, en modérant les irrigations, on arrêtera cet excès d'humidité, qui amène toujours avec lui des parasites de toutes sortes, et convient spécialement à la cochenille en question.

Ver du Cédrat. — Les cédrats gommeux sont tous plus ou moins profondément perforés de petites galeries, produites par des larves analogues à celles des fruits véreux. Ces larves ont seize pattes, et une longueur de 6 à 10 millimètres. En enfermant un cédrat ainsi attaqué, dans une boîte ou un bocal, on voit au bout de quelques jours les larves sortir du fruit, et aller tisser dans quelque coin de petits cocons minces, effilés, fermés aux deux bouts, dans lesquels elles se chrysalident. Ensuite de ces chrysalides sortent de petits papillons grisâtres, longs et étroits.

Il arrive aussi très-fréquemment que les fleurs du cédratier sont rongées par les mêmes larves, surtout en été; ce sont généralement les fleurs qui auraient séché sans donner de fruit, mais les autres peuvent avoir le même sort; en les recueillant, on obtient encore les mêmes papillons que ci-devant.

Leur corps a 4 à 5 millimètres de long sur 1^{mm} de large tout au plus; il est entièrement revêtu, depuis la tête, par des ailes longues, étroites, dont les deux de dessus dépassent l'abdomen de 2^{mm} environ. Toute la surface du corps, y compris la tête, les pattes et les antennes, est couverte de poils et d'écailles microscopiques. On remarque, en examinant la tête, deux gros yeux à facettes, derrière lesquels s'insèrent deux antennes filiformes divergentes; elles ont 2 à 3^{mm} de longueur, et sont formées par une trentaine d'articles; en dessous, il y a deux palpes cylindriques redressés, atteignant à peine la hauteur de la tête; ils sont formés de 3 articles qui ont chacun un tiers de millimètre environ; enfin la trompe, qui a plus de 2^{mm} de développement. Les pattes sont relativement assez longues; les postérieures ont 4 éperons à la jambe, les médianes 2 seulement, et les antérieures n'en ont pas; tous les tarses ont 5 articles, dont le 1er plus long que les 4 autres réunis; le 5e porte un petit crochet. Les ailes supérieures sont longues, bombées comme une gouttière, assez fortes, et se joignent sur la ligne médiane comme des élytres; elles sont garnies en arrière par des franges qui se redressent un peu. Les ailes de dessous sont plus petites, plus délicates, non plissées, et garnies de longues soies formant une frange au bord postérieur.

On attribue généralement la production de la gomme à la piqûre des fruits ou des fleurs par les larves dont on vient de parler. Mais il est à présumer plutôt que ces insectes occasionnent seulement l'écoulement de la gomme préexistante. En attendant qu'on trouve un moyen d'empêcher la formation de cette gomme dans la séve, on pourrait essayer d'en déterminer l'écoulement par les fissures de l'écorce, en pratiquant des scarifications sur la tige et les principales branches : c'est ce qu'on fait pour les cerisiers, qui sont sujets aussi à devenir gommeux dans des circonstances assez analogues à celles déjà indiquées pour les cédratiers.

Rien ne s'oppose, du reste, à ce qu'on détruise les larves qui occasionnent la gomme des fruits. Pour cela, au lieu de laisser tomber sur la terre les fruits gommeux et les fleurs à demi rongées, il faudrait les récolter soigneusement et les passer à l'eau bouillante; on détruirait ainsi d'immenses quantités de larves, d'œufs et de chrysalides.

D'après les descriptions qui précèdent, il est facile de reconnaître que le *ver du cédrat* et son papillon appartiennent à la famille des *pyralides*, et forment une espèce voisine des *teignes*. En attendant qu'on en fasse une détermination exacte, je désignerai ce papillon sous le nom de *teigne du cédrat*.

Pucerons. — Les fleurs et les jeunes pousses de cédratier sont souvent envahis par des légions de pucerons noirs ou verts ; on en voit sur les pieds les plus vigoureux, mais ils ne paraissent pas leur porter de préjudice bien considérable.

Cétoines. — Les fleurs du cédratier sont fréquemment rongées par des cétoines extrêmement nombreuses; j'ai rencontré sur un même arbre la *stictique*, la *quadriponctuée*, la *morio*, la *fastueuse*; ce sont ces insectes qu'on appelle en Corse les *mouches noires des cédrats*. Leurs dommages ne sont pas très-considérables; au surplus, il est facile de les détruire, car ces insectes tombent lourdement à terre quand on agite légèrement les arbres, de bon matin, exactement comme cela se pratique pour les hannetons; et on peut les tuer ainsi en grand nombre.

Thrips. — On aperçoit à la face inférieure des feuilles de cédratiers, de petites insectes de couleur fauve ou noire, qui n'ont pas un millimètre de long, et qui marchent avec agilité; quelques-uns sont aptères, mais la plupart ont quatre ailes longues, étroites, et garnies de longs cils. Ce sont des thrips. Leurs six pattes sont terminées

par des ampoules adhésives; elles sont de couleur claire blanchâtre, de même que les antennes. Celles-ci ont cinq articles gros et courts, sans compter le mamelon sur lequel chacune est implantée; l'article terminal est noirâtre au bout, et porte une longue pointe.

La bouche est un suçoir court, que je n'ai pas étudié en détail; il est caché sous la tête, presque contre le sternum, à peu près comme chez certains hémiptères.

Le premier anneau du thorax est bien détaché, les deux autres sont presque soudés complètement ensemble. L'abdomen se renfle jusqu'au troisième anneau, puis diminue graduellement jusqu'au neuvième, qui est à la pointe. Les ailes, rassemblées l'une contre l'autre au repos, ne forment qu'une bande étroite couvrant environ le quart de la largeur de l'abdomen; elles s'étendent jusque sur le sixième anneau seulement.

Ces animaux sont si petits qu'ils ne semblent pas capables, malgré leur nombre, de causer de bien grands préjudices.

Kermès, *fourmis*, etc. — Outre les insectes dont on vient de parler, on peut en rencontrer encore divers autres sur les cédratiers.

Il n'est pas rare d'y trouver plusieurs sortes de kermès. Je ne les ai pas observées d'une manière spéciale.

Il y a aussi presque toujours des fourmis, qui sont en quête de pâture, et viennent récolter les excrétions sucrées des pucerons et des cochenilles : la présence de fourmis indique presque infailliblement celle de quelque hémiptère exploité par ce parasite d'un nouveau genre.

VI

De la fumagine.

Un grand nombre de cédratiers gommeux, situés généralement dans des endroits trop humides ou trop abrités contre le vent, présentent à la face supérieure des feuilles une végétation cryptogamique noire, qui ressemble à un dépôt de suie ou de fumée, quand on l'examine sans le secours du microscope : c'est ce qu'on appelle le *noir* ou la *fumagine* (*morfée* des Italiens).

Turpin, Léveillé et Tulasne, dont tout le monde connaît les beaux travaux et les magnifiques publications sur les cryptogames, ont décrit avec détail la fumagine; ces derniers ajoutent que les autres

fumagines leur ont paru être les mêmes. J'ai en effet reconnu dans celle du cédratier les mêmes formes qu'on trouve dessinées dans la planche XXXIV de leur ouvrage : *Selecta fungorum carpologia*, tome II; j'ai vu le mycelium avec ses filaments et ses gemmes; les spermogonies avec leurs spermaties; les pycnides remplies de spores; enfin les spores des asques éparpillées par la rupture des périthécies; ces dernières m'ont cependant échappé et je n'ai pas eu occasion de les rechercher depuis.

Je ne saurais donc mieux faire, ce me semble, que de résumer ici la description donnée par MM. Tulasne.

Les fumagines sont de petits champignons du groupe des sphériacés. Ils présentent toujours : 1° une membrane ténue, adhérente au tissu de la plante nourricière, et formée de cellules blanches oléifères; 2° sur cette membrane, un mycelium noir, à filaments flexueux, cloisonnés, dont le diamètre est de 8 à 10 millièmes de millimètre; 3° sur ces filaments naissent çà et là des *gemmes*, amas de cellules noires rappelant l'aspect des tubercules; et des *tiges* ou *bâtons*, qui surgissent jusqu'à 1/10 de millimètre de haut et portent un nombre considérable de conidies, ou spores ayant 5 millièmes de millimètre de diamètre. On ne trouve que ces éléments quand le champignon végète mal, mais lorsqu'il trouve des conditions propices il développe d'autres organes de fructification, appelés conceptacles. On s'en aperçoit à sa couleur opaque, d'un noir velouté; de plus, il est rugueux au toucher, et adhère beaucoup moins à la plante nourricière. Les rugosités sont précisément des conceptacles, et il y en a de trois sortes : les spermogonies, les pycnides et les périthécies. Ce sont des amas, relativement très-volumineux, de cellules verdâtres, formant des cylindres allongés, ou des mamelons renflés en boule. A l'intérieur de ces cylindres ou de ces boules se forment des productions spéciales : la première sorte donne des spermaties, corpuscules très-ténus, de 3 à 4 millièmes de millimètre de long; la deuxième sorte, des stylospores, corps ovales, cloisonnés, n'ayant pas beaucoup plus de 10 à 15 millièmes de millimètre; enfin la troisième sorte contient des thèques ovoïdes (40 à 60^{mmm} de long, sur 20 à 25^{mmm} de large) où l'on voit 6 ou 8 spores.

Les cellules oléifères, les filaments, les gemmes, les tiges noires, les stylospores, les endospores et les conidies, tout cela germe et se développe quand les conditions sont favorables.

Ces conditions se rencontrent précisément sur les arbres envahis par les pucerons, les cochenilles et les kermès : c'est ce qui a fait croire à beaucoup de personnes que les fumagines se nourrissent du liquide sucré excrété par ces insectes ou de la sève épanchée de la plante qu'ils ont piquée. Mais il est constant qu'on en rencontre de parfaitement développées sur des arbres exempts de ces insectes parasites. Tout porte à croire, par conséquent, que leur nutrition s'opère par l'adhérence de leurs cellules avec celles de la plante nourricière, et aux dépens des sucs de cette dernière.

Tels sont les faits constatés et décrits par MM. Tulasne. Je n'aurai que bien peu de chose à y ajouter.

Nous pouvons remarquer, d'abord, que la fumagine est toujours sur la face supérieure des feuilles, qui est justement celle où peut transsuder le miellat; en outre, elle ne va jamais se fixer sur les arbres exposés au vent, et peu ou point arrosés. Il faut donc que la surface des feuilles présente un certain état d'humidité ou de viscosité, pour que le champignon puisse y vivre : peut-être les sucs de la plante doivent-ils être dans un état quelque peu anormal, voisin de l'état où ils sont exsudés sous forme de miellat. Cette hypothèse expliquerait pourquoi ces arbres sont recherchés par les hémiptères suceurs, qui se trouvent coïncider avec la fumagine. Dès lors, il n'y aurait qu'à remettre l'arbre dans un état normal pour voir disparaître du même coup la fumagine aussi bien que les insectes.

Du reste, il importe peu, pour le praticien, que les parasites soient *cause* ou *effet* de la maladie de l'arbre. Ce qu'il faut, ce sont des récoltes de fruits. On les obtiendra sûrement, en donnant d'une part les soins convenables à l'arbre pour le fortifier, et en détruisant, d'autre part, les insectes et la fumagine par tous les moyens possibles. C'est exactement ce que font aujourd'hui les viticulteurs pour le phylloxera.

La fumagine se détache spontanément des arbres pendant l'hiver, quand le froid est très-vif; mais ce remède est pire que le mal, puisqu'il gèle souvent l'arbre lui-même.

Il y en a heureusement un autre, qu'on peut appliquer très-facilement et qui donne d'excellents résultats : c'est d'asperger de lait de chaux, avec un gros pinceau, toutes les plaques de fumagine; le champignon est tué. Ce procédé a été recommandé en 1858 pour le noir des oliviers, par M. Companyo, de Perpignan. On l'a utilisé depuis pour les orangers, la vigne et toutes les plantes que le noir

peut envahir : on en trouve une liste nombreuse dans un mémoire de M. Lejourdan, inséré au Bulletin de la Société d'Agriculture des Bouches-du-Rhône (avril, 1864).

VII

De la gomme.

De tout ce qui précède, il résulte assez clairement que les maladies des cédratiers en Corse se réduisent au fond à une seule : *la gomme*. Quand l'arbre est gommeux, il dépérit; les parasites l'envahissent, son écorce s'exfolie; peut-être même la pourriture des racines survient-elle comme phénomène consécutif de cet état morbide; j'en dirai autant des rhizoctones.

Conséquemment, tous nos efforts doivent tendre à découvrir la véritable nature de l'excrétion gommeuse, afin de mieux la combattre.

Admettons qu'elle puisse, comme on l'a déjà dit, survenir après les époques de gelées, ou sur les arbres noyés d'eau stagnante; nous ne saurons pas, pour autant, comment elle naît dans le végétal. Des recherches anatomiques pourraient seules nous instruire à ce sujet et nous apprendre si elle est un produit d'excrétion normal, développé parfois outre mesure, ou si elle résulte de la désorganisation des cellules. A défaut de telles recherches, je me bornerai à signaler un fait assez remarquable : c'est que toutes les conditions que nous regardons comme des causes probables de sécrétion gommeuse, offrent un point commun; elles supposent toutes un excès d'eau dans les cellules de l'arbre. Après une gelée, par exemple, ou à la suite de variations brusques de température il peut rester de l'eau séparée du protoplasma dans beaucoup de cellules, ainsi que l'indique la théorie de Sachs rapportée plus haut. De même aussi, les terres trop arrosées ou peu perméables doivent fournir un excès d'eau aux racines. Nous sommes ainsi amenés à cette conclusion, savoir : que les arbres deviennent gommeux, *parce qu'on ne tient pas les terres assez sèches*.

Cette idée n'est point en contradiction avec les conclusions des auteurs qui ont étudié cette matière; elle est au contraire en concordance avec la plupart.

Ainsi, Risso et Poiteau attribuent la maladie de la gomme au passage subit des arbres du chaud au froid. Cette transition ne peut être funeste que quand il y a surabondance de sève.

Caruso appelle cette maladie *apoplexie lymphatique* et il croit qu'elle résulte d'un défaut d'équilibre entre l'évaporation par les feuilles, et l'absorption par les racines. C'est dire, en d'autres termes, que les arbres souffrent d'un excès d'eau.

La commission chargée par le gouvernement italien d'étudier la maladie de la gomme, en Sicile, en 1868, a reconnu positivement la mauvaise influence d'une humidité excessive autour des racines (*Rapporto della Commissione*, etc., pages 13 et 16).

J'ai déjà cité, à l'appui de la même opinion, les faits énoncés par M. Silvestri.

Enfin M. Tornabene, dans le même rapport, affirme que la maladie est une conséquence inévitable de la culture forcée, parce qu'elle emploie une surabondance d'eau et d'engrais. Les cultivateurs, dit-il, ont à choisir entre deux systèmes : avoir des arbres qui durent longtemps, avec de petites récoltes; ou avoir de fortes récoltes, et perdre bientôt les arbres par la gomme.

Ce qu'on vient de dire des *irrigations excessives*, on peut le répéter pour les *engrais appliqués sans mesure*. L'un ne va pas sans l'autre, car on n'arrose que pour faciliter l'absorption des engrais. C'est donc une très-mauvaise pratique, que d'entourer les cédratiers et les orangers en général, de plantes potagères, ou de cultures qui exigent l'eau et les engrais en grande quantité. Ce fait a été parfaitement constaté par la Commission sicilienne dont on a parlé plus haut, et aux environs de Grasse, M. Marcy l'a reconnu également.

L'abus des engrais est surtout dangereux quand on les applique à l'état frais, et demi-liquides; ils s'échauffent beaucoup en se décomposant, et s'ils touchent les racines, comme cela n'est que trop fréquent, ils font pourrir les radicelles et altèrent la sève de l'arbre. A ce sujet, le professeur Schultz-Schulzenstein, cité par M. Goeze dans son mémoire sur les orangers, s'exprime en ces termes : « D'après mes recherches près du lac de Garde, la maladie débute par les racines, et les feuilles ne tombent qu'après. La pourriture des racines a commencé par une exfoliation de l'écorce, maladie que j'ai décrite au journal d'horticulture de *Koch* (mars, 1861). Comme cause occasionnelle de la maladie des racines, j'ai reconnu les fumures excessives de fumier de vache et d'âne, qui échauffent

fortement la terre. Ces fumiers provoquaient une floraison extraordinaire, avec une telle quantité de fruits qu'un arbre en portait plusieurs milliers en un an; mais ensuite il devenait malade. Le sol, malgré une bonne irrigation, était infecté de pourriture, et il fallait le remplacer par de la nouvelle terre. »

Malgré tous les témoignages qui précèdent, il ne faudrait cependant pas croire qu'une telle opinion soit admise unanimement par tous les savants.

Ainsi, M. Decaisne a pensé que l'appauvrissement du sol, par les lavages des irrigations, pouvait être la cause de la maladie des orangers d'Hyères (Voir : *Flore des serres*, 1854-55).

M. Goeze croit qu'il faut chercher cette cause dans la présence d'un champignon, qui existerait sur les racines. D'autre part, il signale, comme plus réfractaires à la maladie, les bigaradiers, et tout ce qui est greffé sur eux : ce serait là l'*espèce mère*, qui infuserait une nouvelle vigueur aux variétés affaiblies par les croisements. Mais il est inutile, à mon avis, de recourir à l'hypothèse d'un affaiblissement par les croisements, les greffes, ou les boutures pour se rendre compte de la résistance spéciale que présentent les bigaradiers à la maladie de la pourriture des racines et à celle de la gomme. Il suffit d'admettre que leurs racines absorbent l'eau moins facilement que celles des orangers à fruit doux, et des cédratiers. Quant à l'existence d'un champignon, elle me semble possible, mais comme effet secondaire du mal, ainsi que je l'ai déjà expliqué pour les autres parasites.

L'idée d'une régénération par le retour à l'espèce mère est assurément fort séduisante, mais en fait, beaucoup moins utile qu'on ne pourrait croire. Elle suppose premièrement que les espèces ont dégénéré, ce qui n'est pas prouvé le moins du monde. En second lieu, elle nous conduit, en vertu de l'influence du sujet sur la greffe, à la perte des variétés les plus estimées, dont la création a coûté beaucoup de temps et de peines.

Néanmoins il se peut que la greffe sur bigaradier puisse être utile, pour les limoniers, par exemple. Dans un Rapport adressé en 1874 à M. le ministre des affaires étrangères, M. Héritte, consul de France à Messine, fait mention de la vigueur et de la beauté des arbres ainsi obtenus ; mais on ne peut pas encore apprécier la qualité de leurs fruits, parce qu'ils n'en porteront que dans quelques années.

Pour ce qui regarde les cédratiers, l'expérience a été faite en Corse. MM. Vallesi, habiles cultivateurs à Vescovato, m'ont appris qu'il en résulte des fruits durs, de couleur foncée, mauvais pour la confiserie, et par suite, impropres à la vente.

Des greffes sur mandariniers n'offriraient sans doute pas cet inconvénient. Ce serait un essai à faire.

VIII

Conclusions.

Avant de rien conclure d'une manière positive sur les diverses questions que nous venons d'examiner, il faudrait faire encore de nombreuses expériences. Actuellement, on ne peut guère donner que des règles provisoires, à titre de simples conseils. Sous cette réserve expresse, il est permis d'exprimer les propositions suivantes :

I. La gomme des cédratiers vient d'une altération de la sève. Cette altération peut résulter : 1° du froid qui a saisi les arbres ; 2° d'irrigations excessives ; 3° de l'application d'engrais trop abondants ou à action trop rapide.

II. On fera bien de protéger les arbres contre les variations de température, par des abris de cyprès, par des paillassons, et par des buttages.

III. On gouvernera les irrigations d'après le degré de perméabilité du sol. Si on soupçonne le sous-sol de contenir de l'eau stagnante, on fera des fossés d'assainissement très-profonds (où les racines ne puissent aller se plonger) ; ou bien on renoncera à cultiver cette terre en cédratiers, pour en chercher une plus propice.

IV. On emploiera des fumiers bien consommés et des engrais à action lente.

V. On détruira par l'eau bouillante les fruits gommeux, et les fleurs attaquées par les larves du papillon du cédrat.

VI. Si la gomme survient faiblement, on essayera de la dériver sur les tiges, en y faisant des scarifications, comme c'est l'usage pour les cerisiers. Si elle est très-intense, on déchaussera le pied pour constater l'état des racines, et on comblera le trou avec l'une des substances qui paraissent exercer une action favorable, comme sont les morceaux de charbon, la houille, les pierres, les débris de

démolitions, la terre mélangée de gypse, ou de cendres, ou de suie, ou de chaux.

VII. On élaguera les branches qui rendent les arbres trop touffus, et gênent la circulation de l'air. Ensuite on jettera du lait de chaux sur les parties noires de fumagine, et on nettoiera avec un chiffon imbibé de benzine les points envahis par les cochenilles.

Pour compléter et, au besoin, corriger les conclusions précédentes, je rapporterai dans l'appendice qui suit, celles qui ont été formulées par la Commission sicilienne, en 1868, et par les savants professeurs de Catane en 1874. J'en laisse, bien entendu, à leurs auteurs tout à la fois le mérite et la responsabilité.

APPENDICE.

I. Conclusions du rapport de la commission nommée par S. E. le ministre de l'agriculture et du commerce d'Italie, pour étudier la maladie des orangers en Sicile :

FILIPPO PARLATORE, président;
GIACOMO SACCHERO, SEBASTIANO DE LUCA, } membres,
GIUSEPPE INZENGA, secrétaire rapporteur.

1. Pour la multiplication et la plantation des orangers d'espèces et variétés quelconques, on devra renoncer absolument à la méthode des boutures ou marcottes (vulgairement cavigghiuna).

2. On choisira des bigaradiers ou orangers à fruits amers, pour y greffer les espèces et variétés dont on veut former la plantation, ou qu'on veut mettre à la place des pieds qui manquent.

3. En greffant sur bigaradier les variétés que l'on a choisies, on recommande de placer la greffe sur le sujet aussi haut que possible, soit dans la pépinière, soit en place, et de ne pas suivre l'ancienne coutume des jardiniers, qui font la greffe tout près de terre.

4. L'oranger à fruits doux, ou oranger de Portugal, étant le seul dont la qualité ne se détériore pas notablement quand on le reproduit par ses propres graines, on pourra le multiplier de cette manière, sans le greffer, ou bien on le greffera sur bigaradier.

5. Parmi les nombreux procédés que les praticiens ont essayés pour arrêter la diffusion de la maladie d'un arbre à l'autre, et en prévenir la ruine totale, on recommande celui qui consiste à tailler avec le fer la partie malade jusqu'à ce qu'on trouve l'écorce et le bois bien sains, et à luter la plaie avec l'onguent de Saint-Fiacre, ou une pâte d'argile et de bouse de vache.

6. Pour appliquer le procédé susdit, il est nécessaire d'exercer une surveillance intelligente et assidue sur tous les arbres, afin de les traiter aussitôt que la maladie se manifeste, et ne pas attendre qu'elle soit invétérée et répandue dans l'intérieur et autour de la tige ou des principales branches.

7. Les cultures potagères d'été, et celles de plantes annuelles qui exigent l'arrosage, ne peuvent être sans danger associées à celle des orangers, parce que cela prédispose au développement de la maladie, ou aggrave celle-ci quand elle existe déjà.

8. Dans les jardins nouveaux, où l'on est obligé par des raisons économiques de tirer parti de la terre, en associant des cultures à production rapide, et propres à la vente, on exclura les plantes potagères d'été pour y substituer, en association avec les orangers, des plants de vigne isolés ou en treille, pour le vin ou pour la table; cette pratique se voit déjà en certains endroits.

9. L'irrigation et les engrais, qui sont indispensables aux arbres pour les rendre vigoureux, et les faire fructifier régulièrement, doivent être appliqués avec modération; on ne doit pas, par avidité du gain, livrer la terre à une culture forcée.

10. Une influence défavorable est exercée, d'une manière évidente, par l'humidité qui reste stagnante autour des racines dans le sous-sol, faute d'une perméabilité suffisante. Pour arrêter ou diminuer les dégâts que cause la maladie, ce sera toujours une excellente chose d'enlever cette eau stagnante de dessus les racines, au moyen de canaux d'écoulement, ou fossés, plus ou moins profonds selon la nature et la disposition des terres; ces fossés traverseront les jardins pour les débarrasser de cet excès d'humidité, ou la faire descendre plus bas que les racines.

11. Ces canaux d'assainissement ne pourront jamais être que très-utiles dans toutes sortes de terrains, même dans les jardins qu'on n'arrose pas, mais qui sont inondés en hiver. On doit les considérer comme d'une importance extrême et vitale pour les terrains où

l'argile domine, qui sont peu perméables, et plats, comme les terres de Barcellona et de Melazzo.

12. On pourrait conseiller, comme plus économique, une pratique qui diffère de la précédente et qui conduit au même but, pratique encore inconnue en Sicile, mais bien digne d'y être introduite par quelque propriétaire zélé et intelligent, pour améliorer les conditions hydrologiques des terres : c'est celle du drainage tel qu'il se fait dans d'autres pays.

(Palerme, le 4 octobre 1868.)

II. Conclusions des rapports adressés à S. E. le ministre de l'agriculture, de l'industrie et du commerce d'Italie, le 10 mars 1874, relativement à la maladie de la gomme, par MM. Silvestri et Tornabène, professeurs à l'Institut technique de Catane.

CONCLUSIONS DE M. SILVESTRI :

1° *Sur la nature des terres prises dans les jardins où les orangers sont prospères et vigoureux, comparées aux terres des plantations atteintes de la maladie.*

Les premières ont un coefficient d'imbibition supérieur; un coefficient hygroscopique supérieur; un poids spécifique moindre.

Analysées mécaniquement, les premières offrent des éléments plus menus, plus homogènes, d'une nature mixte : sable, calcaire et argile. Les autres, qui sont moins propices, présentent des éléments plus gros, formés de roches siliceuses, ou d'argile, ou de silice et d'argile.

Les premières sont riches en carbonates, tandis que les autres en renferment peu ou point; il en est de même pour le chlore (à l'état de chlorure), des acides sulfurique et phosphorique (à l'état de sulfates et de phosphates), de la chaux, qui est très-abondante dans les premières, et rare dans les autres. Enfin les premières sont presque trois fois plus riches en potasse, soude et alumine, et un peu plus pauvres au contraire en matières organiques (1).

2° *Sur les différences chimiques qui peuvent exister entre les diverses parties des orangers sains et des orangers malades.*

Le tissu ligneux des limoniers sains présente un poids spécifique

(1) Voir le tableau, page 331.

sensiblement supérieur à celui qu'on trouve aux limoniers malades : ceux-ci montrent dans l'intérieur de leur tige des taches blanches disséminées çà et là. On a vu par le tableau inséré page 331 les différences de composition que présentent les cendres des arbres sains et des arbres malades.

Les substances solubles dans l'eau, l'alcool et le sulfure de carbone, sont moins abondantes dans le tronc des limoniers sains; c'est le contraire pour les feuilles et les racines, comparées aux feuilles et aux racines des arbres malades.

Le poids total des substances minérales contenues dans le tronc, les feuilles et les fruits des limoniers sains, est beaucoup plus grand que celui qui correspond aux limoniers malades.

Dans les cendres des plantes saines, les sels alcalins (soude et potasse), la chaux et la magnésie, l'acide phosphorique sont en quantités plus grandes que dans les cendres des plantes malades.

Dans les plantes saines (tant le tronc que les feuilles et les fruits), on trouve moins d'azote que dans les plantes malades.

3° *Sur la nature de l'exsudation gommeuse qui accompagne la maladie des orangers.*

La gomme provient de l'épaississement d'une exsudation gommeuse ou visqueuse qui sort à l'extérieur en s'ouvrant un passage à travers l'écorce. Elle tire son origine du tissu jeune de la zone génératrice lequel se désagrége, et du cambium qui se transforme; on y trouve en effet une matière gonflée, transparente, élastique, insoluble (bassorine); et une matière soluble (arabine); et de plus des cellules, les unes complètes, les autres incomplètes et en voie de destruction, des paquets de trachées et de fibres, ainsi que des globules de matière verte.

La gomme épaissie a une couleur jaune rougeâtre, un poids spécifique 1,4637 à 16° c. (le même à peu près que celui de la gomme arabique et de la gomme adragante). La gomme pure contient, pour 100 parties en poids, 97,8 d'arabine soluble dans l'eau, et 2,2 de bassorine insoluble, susceptible de se gonfler dans l'eau. On y trouve en outre, 0,087 pour 100 de matière soluble dans l'alcool absolu: 0, 871 pour 100 de matière soluble dans l'éther; 1,6 pour 100 de matière soluble dans le sulfure de carbone : toutes ces matières extractives ont l'aspect verdâtre, et les caractères de la chlorophylle amorphe.

La gomme des limons soumise à l'analyse a fourni pour 100 en

poids, 94,8276 de matière organique, formée de C, H, O, dans les proportions de 6 : 10 : 5, ou de multiples, comme les gommes ordinaires; ensuite 5, 1724 de cendres ou principes minéraux.

Les principes minéraux sont formés, pour 100 parties en poids, de 14, 71 de sels alcalins; 84,82 de sels terreux et 0,47 de silice. Parmi les sels alcalins et terreux, on remarquera 8,7 pour 100 de soude et potasse, puis 77,5 pour 100 de chaux. On peut donc considérer la gomme comme un gommate et métagommate de chaux, soude et potasse; elle constitue un moyen de déperdition grave des sels calcaires et alcalins indispensables à la vie des orangers.

4° *Sur les moyens préventifs de la maladie.*

Il faut éviter d'établir les jardins d'orangers sur les terrains qui ne s'y prêtent pas; on choisira de préférence des terres où tous les éléments se trouvent mêlés.

On restituera au sol par des cendres (mêlées de pierre calcaire pour les terrains volcaniques), la potasse, la soude, la chaux, la magnésie nécessaires à la plante, de sorte qu'elle les assimile facilement.

On lui fournira les phosphates et les matières azotées par des engrais convenables, par exemple des fumiers ou des litières pas trop fermentés, mais plutôt à l'état frais, afin que cet engrais n'agisse pas trop activement, mais peu à peu en se décomposant lentement. On les mettra autour des arbres à une faible profondeur.

On arrosera avec parcimonie et rarement, savoir, seulement quand l'aspect des plantes montrera que cela est nécessaire; on appliquera toujours ces irrigations suivant les règles agricoles les meilleures.

On donnera de l'air aux racines, surtout après les irrigations, en labourant et piochant le sol profondément autour des arbres, afin que la terre soit meuble et perméable; de la sorte, l'air qui y pénètre la rafraîchit, détermine la décomposition des matières minérales et organiques autour des racines, et entretient chez celles-ci le pouvoir absorbant en activité.

CONCLUSIONS DE M. TORNABENE

1. Les terrains très-argileux ne doivent pas être plantés en orangers.

2. Les terrains à éléments mélangés, légers, sont préférables pour cette culture.

3. Outre un sol léger, il faut encore un sous-sol perméable.

4. L'engrais doit être végéto-animal, du fumier d'écurie de préférence; on doit le placer autour de la souche dans un large fossé, éloigné de la partie ligneuse, de façon que les racines reçoivent l'influence graduelle des engrais et des irrigations.

5. Les irrigations ne doivent pas être fréquentes, ni poussées à tel point que les racines baignent toujours dans un terrain submergé.

6. La récolte des fruits ne doit jamais se faire quand ils sont encore trop loin de la maturité.

7. On doit proscrire les cultures forcées des limoniers et la production des *bianchetti* et des *verdelli*.

8. Si on a un jardin d'orangers destiné à la culture forcée, il faut avoir aussi une pépinière de plants de plusieurs années, greffés, prêts à être mis en remplacement des arbres atteints de gomme, lorsqu'on les arrache; il faut les mettre dans les intervalles, et non pas à la place même où étaient ces derniers.

9. L'arbre soumis à la culture forcée doit être visité souvent vers la souche. Au premier signe de maladie, on coupera la racine malade, on en taillera le tronc vis-à-vis, en remontant longitudinalement, jusqu'au bois sain; on cautérisera les plaies, et on renouvellera le terrain qui correspond à la racine altérée, puis on cessera pour quelque temps d'appliquer à cet arbre la culture forcée.

DU NOMBRE DE GRAINES

DE DIVERSES PLANTES AGRICOLES ET HORTICOLES CONTENUES DANS UN GRAMME.

PAR

L.-A. LONDET

Professeur à l'École d'agriculture de Grand-Jouan.

La connaissance de la quantité de graines des plantes cultivées contenues dans un poids donné rend des services utiles dans l'application : pour déterminer la quantité de semence à employer pour les semis en place et en pépinière, pour acheter les graines nécessaires à l'ensemencement d'une surface donnée, pour évaluer sur pied les produits de diverses récoltes, notamment des céréales, etc.

TABLEAU DES PLANTES PAR ORDRE ALPHABÉTIQUE.

ESPÈCES auxquelles les graines appartiennent.	NOMBRE de graines contenues dans un gramme	ESPÈCES auxquelles les graines appartiennent.	NOMBRE de graines contenues dans un gramme
Ajonc dit sans épines	194	Chou Milan des Vertus (1870)	220
Alpeste, graines renfermées dans leur enveloppe	124	— Milan gros doré (1869)	272
Avoine canadien de printemps, blanche	42	— moellier	300
— de Brie de printemps, noire	38	— monstre	270
— de Sibérie de printemps, blanche	40	— nantais (1872)	266
— noire d'hiver de Begard (Côtes-du-Nord)	30	— rave blanc	260
— nue de printemps	130	— rave violet	245
— patate de printemps, blanche	38	Colza à fleurs blanches d'hiver (1872) [1]	480
Betterave améliorée Vilmorin	70	— d'hiver (1872)	370
— blanche à sucre à collet rose	52	— parapluie d'hiver (1872)	444
— de Magdebourg vraie	34	Concombre blanc (1869)	31
— disette blanche de Puilboreau	35	— de Russie (1869)	50
— disette d'Allemagne	52	Cornichon vert (1869)	30
— écorce, ou crapaudine	34	Cresson alénois commun (1871)	420
— impériale de Knauer	64	— alénois doré (1870)	490
— rouge grosse	52	Épinard à feuille de laitue (1871)	90
— rouge noir, plate d'Égypte	47	Ervillère d'hiver	29
Cameline	800	— de printemps	29
Cardon de Tours (1868)	20	Fénu grec de printemps	54
Carotte blanche à collet vert	535	Fève de printemps, grosses graines	0,75
— jaune longue	885	— petites graines	1
— rouge demi-longue	1140	— grosses et petites graines	0,85
Carthame	26	Féverolle d'hiver (1871)	1,75
— des teinturiers	25	— de printemps (1871)	1,80
Céleri plein, blanc (1870)	1840	Froment amidonnier blanc d'hiver, grain vêtu, 15 épillets contenant	24
— rave (1869)	1570	— Chiddam de mars blanc, beau grain	24
— violet (1870)	2140	— — grains mélangés	26
Cerfeuil (1873)	380	— de Noé ou blé bleu, beaux grains	20
Chanvre commun	66	— — gr. maigres	33
— de Chine	60	— — gr. mélangés	25
— de Piémont	56	— d'Essex d'hiver, blanc	25
Chicorée d'été (1870)	590	— d'Oxford d'hiver, blanc ou peu glacé	21
— d'hiver (1870)	555	— dur	18
— sauvage, plante potagère (1869)	550	— épeautre noir d'hiver, 10 épillets renfermant	20
— sauvage à café	800	— monocoque d'hiver, grain vêtu	30
— sauvage améliorée	1050	— poulard lisse d'hiver, roux	19
— sauvage de printemps	675	— red-chaff d'hiver, blanc	24
Chou à pomme rouge	155	— Saumur de mars, roux	36
— branchu du Poitou	185	— spalding d'hiver, roux	22
— brocoli (1870)	434	Galéga	125
— cabus	205	Gesse chiche d'hiver (1871)	11
— caulet	380	— chiche de printemps (1871)	14
— de Bruxelles (1871)	258	— commune d'hiver (1871)	6,33
— de Poméranie (1872)	178	— commune de printemps (1871)	4,66
— d'York (1872)	20	— velue d'hiver (1871)	34
— frisé rouge	115	— velue de printemps (1871)	37
— frisé vert	275	Haricot de Bagnolet	2,50
— Milan	175		

1 Ce colza contenait, relativement, beaucoup de petites graines.

TABLEAU DES PLANTES PAR ORDRE ALPHABÉTIQUE (SUITE)

ESPÈCES auxquelles les graines appartiennent.	NOMBRE de graines contenues dans un gramme	ESPÈCES auxquelles les graines appartiennent.	NOMBRE de graines contenues dans un gramme
Haricot de Prague, marbré	1,62	Pavot gris, ouvert	1530
— de Soissons à rames	1,05	— œillette du Nord	1540
— de Soissons nain	2,10	Persil (1872)	500
— flageolet	3,70	Pimprenelle	160
Jarosse d'hiver	18	— de printemps (1870)	171
— de printemps	21	Poireau long (1872)	720
Jonc glauque	34200	Pois bleu, de printemps	4
Laitue de Nantes (1872)	740	— chiche, de printemps (1871)	4
— de la Passion (1870)	1100	— d'Abyssinie, de printemps	7
— grosse paresseuse (1870)	1200	— gris, d'hiver	8
— paresseuse (1869)	870	— gris, de printemps	7
Lentillon d'hiver	23	— pois Michaux de Hollande	5,66
— de printemps (1871)	47	— nain ordinaire	5,5
— d'Abyssinie de printemps (1871)	45	— ridé de Knight, sucré	3,6
Lin d'hiver	135	Potiron (1869)	3,75
Lupin blanc d'hiver (1871)	3,4	Pourpier doré à larges feuilles	1500
— bleu de printemps (1871)	5	Radis d'été, gris rond (1869)	95
Luzerne calciforme de printemps (1871)	630	— noir (1870)	105
— de Provence de printemps	520	— rose demi-sang (1870)	175
— minette de printemps avec enveloppe	500	Rave d'Alsace	515
— rustique	610	— d'Auvergne	450
— rustique de printemps (1871)	875	Rhubarbe ondulée de printemps	75
Lotier tétragonolobe de printemps (1871)	18	Ricin commun (1870)	1,82
Mâche commune (1870)	700	Romaine blonde de Paris (1872)	720
Mélilot de Hongrie, graine vêtue	160	— rouge d'hiver (1872)	720
— du Pérou	310	Rutabaga	410
— de Sibérie	375	Sarrasin argenté (1871)	69
Melon fond noir des Carmes (1869)	35	— commun (1871)	54
Millet commun (1871)	210	— de Russie (1871)	46
— de Hongrie (1871)	466	— de Tartarie (1871)	59
— d'Italie (1871)	1200	Scarole d'été (1870)	550
— de Russie (1871)	174	Scorsonnère noire (1872)	111
Moutarde blanche	160	Seigle d'hiver	37
— noire	425	Serradelle d'hiver	324
Navet boule d'or (1870)	650	— de printemps	288
— de Croissy (1873)	580	Spergule commune	1280
— de Norfolk	300	— géante	1035
— jaune d'Écosse	465	Soleil blanc	25
Navette d'hiver	472	Sorgho à balai (1870)	95
— de printemps	700	Tomate rouge (1869)	388
Ognon blanc (1871)	245	Trèfle commun de printemps	870
— rouge (1872)	345	— élégant	2540
Orge commune à deux rangs	25	Turneps hâtif de Hollande	360
— escourgeon de printemps	27	Vesce blanche d'hiver	17
— nampto de printemps	42	— blanche de printemps	20
— noire à six rangs, de printemps	30	— de Russie de printemps	24
— nue de printemps	25	— de Sierck d'hiver	3,5
Panais long	240	— de Sierck de printemps	3,4
— rond	270	— commune d'hiver	17
Pastel	195	— commune de printemps	17
Pavot aveugle	1315	— pourpre d'hiver	21
		— pourpre de printemps	20

Un certain nombre de renseignements de cette nature se rencontrent dans divers ouvrages où ils sont donnés, tantôt en poids, tantôt en volume; nous avons cru qu'il était intéressant et utile de les vérifier et de les compléter : les collections de l'École d'agriculture de Grand-Jouan nous ont permis d'exécuter ce travail.

Les graines dont le poids est constaté dans le tableau ci-dessous sont de premier choix, elles ont été pesées en quantités variables selon leur grosseur, et comptées souvent à plusieurs reprises afin d'arriver à une exactitude aussi complète que possible.

Des renseignements fournis par ce tableau, il résulte : que pour diverses plantes, les graines des variétés de printemps pèsent moins que celles des variétés d'hiver; telles sont la féverolle, le lentillon, la luzerne rustique, la navette, la pimprenelle, la vesce blanche;

Que, pour d'autres, le poids des graines des variétés d'hiver et de printemps est le même; il en est ainsi pour le pois gris, l'ervillère, la vesce commune et la vesce pourpre;

Que pour d'autres enfin, comme la serradelle, les graines de la variété de printemps pèsent plus que celles de la variété d'hiver.

Le plus faible poids des graines de certaines variétés du printemps est peut être une des causes, du moindre rendement de ces variétés comparativement aux variétés d'hiver dans les mêmes conditions de fertilité.

La connaissance de la quantité de graines contenue dans un gramme, permet de calculer avec une exactitude suffisante la dose de semence à employer par hectare. Ainsi, par exemple, les auteurs conseillent pour la luzerne une dose de semence variant de 10 kilogrammes à 40 kilogrammes. Si nous prenons la luzerne de Provence, 20 kilogrammes contiennent 10 400 000 graines. En déduisant les 4/10es pour les pertes dues soit au défaut de faculté germinative, soit à des enfouissements de la graine trop profonds ou trop superficiels, il reste six pieds par décimètre carré, quantité à peu près normale. Avec une dose de 10 kilogrammes on aurait une plantation trop claire et avec 40 kilogrammes une plantation beaucoup trop drue, en admettant, bien entendu, qu'on ait employé de bonnes graines.

On s'explique également pourquoi l'ensemencement au semoir pour le froment nécessite une moins grande quantité de semence que l'ensemencement à la volée. Une bonne plantation de froment au moment de la levée contient environ 2 500 000 pieds par hec-



tare. Un gramme de blé bleu de Noë renferme 25 grains, soit 2 000 000 par hectolitre, un hectolitre et demi suffit donc largement quand tous les grains sont placés à la profondeur voulue pour germer dans les conditions les plus favorables. C'est à peu près la dose employée au semoir. Dans le semis à la volée suivant les procédés d'enfouissement, beaucoup de grains sont enterrés trop profondément et leur tigelle à la germination n'atteint pas à la surface ou y apparaît sans vigueur, d'autres ne sont pas enfouis, ou le sont superficiellement et sont mis à découvert par les pluies et deviennent la pâture des oiseaux. Dès lors il faut employer une dose de semence sensiblement plus considérable.

Les chiffres du tableau ci-dessus nous montrent encore, pour ne parler que des froments, que la quantité de semence en poids et en volume doit varier avec les différentes variétés.

Veut-on savoir quelle quantité de graines il faut avoir pour obtenir 50 000 plantes de betteraves, variété disette blanche de Puilboreau? 1 kil. 428 grammes contiennent 50 000 graines. En employant 2 kilogrammes de bonnes graines, on aura assez de beaux plants pourvu que les pieds soient assez distancés.

Nous avons dit en commençant cette note que la connaissance du nombre de graines de céréales dans un poids donné permet d'évaluer sur pied le rendement par hectare. Voici la méthode que nous employons.

Nous mesurons exactement une surface d'un mètre, ou une surface moindre, nous comptons le nombre d'épis sur cette surface, nous prenons ensuite une poignée d'épis en les laissant sur pied et nous déterminons les rapports qu'il y a entre les nombres de beaux, de moyens et de petits épis; nous choisissons exprès quatre épis de chaque catégorie pour avoir le nombre moyen de grains par épi; on sait ainsi le nombre de grains que peut produire un hectare divisant par le nombre de grains contenu dans un kilogramme de la variété cultivée, on a le poids de la récolte.

On ne doit pas s'en tenir à une seule constatation, il faut la répéter trois ou quatre fois sur diverses parties du champ et tenir compte de la proportion des bonnes et mauvaises parties.

Au chiffre trouvé, il y a une déduction à faire pour perte de graines provenant de diverses causes, telles que : maturité trop avancée au moment de la récolte; épis laissés sur le champ; grains

perdus par le chargement, le tassement, l'emmagasinage; battage imparfait.

Rarement ces pertes sont inférieures à deux hectolitres, souvent elles dépassent ce chiffre.

De toutes les méthodes proposées pour l'estimation d'une récolte de céréales sur pied, celle-ci nous paraît la meilleure. Nous l'avons employée pendant plus de dix ans et nous en avons vérifié les résultats au battage.

Nous l'avons exposée ici parce qu'il importe aux agriculteurs de savoir avant la moisson sur quel rendement approximatif ils peuvent compter pour leurs céréales; elle sera également utile à ceux qui vendent et achètent des récoltes sur pied après la formation du grain.

ÉTUDES EXPÉRIMENTALES

SUR LES MEILLEURES ESPÈCES DE POMMES DE TERRE DE LA GRANDE CULTURE

PAR

Le Frère EUGÈNE-MARIE

Directeur de l'Institut agricole de Beauvais, et de la Station agronomique de l'Oise.

Parmi les cent cinquante variétés de pommes de terre cultivées expérimentalement à l'Institut agricole, nous avons préféré faire porter nos observations sur dix-huit variétés seulement reconnues jusqu'alors comme étant les plus productives. L'opinion de M. Henri Vilmorin étant venue confirmer la nôtre, nous a engagé à persévérer dans cette voie (1).

Nos études, cette année, comme celles qui devront suivre, ont pour but spécial de faire connaître :

1° L'influence si controversée et cependant si générale de l'opération du *buttage;*

2° La part des diverses natures de sols, relativement au rendement afférent à chaque variété;

(1) Nous sommes heureux de saisir cette circonstance pour adresser au chef actuel de la maison Vilmorin notre tribut d'éloges et de remerciements pour son bienveillant et très-généreux concours. M. Henri Vilmorin continue noblement les traditions de son père, et nous ferons souvent appel à son savoir.



3° La valeur nutritive et industrielle;

4° La rusticité ou la résistance que présente chacune de ces variétés aux influences atmosphériques;

5° Leur densité;

6° Les moyens préventifs et curatifs employés ou préconisés pour empêcher l'invasion de la maladie ou la guérir;

7° L'état hygrométrique de l'air ou la quantité d'eau tombée pendant la période de végétation;

8° Le nombre des degrés de chaleur pendant cette période;

9° L'influence de certains agents pour hâter la maturité.

Nous devons faire observer qu'il s'agit uniquement dans ces essais de *plantes racines* susceptibles de pouvoir donner un rendement élevé. Aussi les espèces tardives dominent-elles parmi celles qui ont été expérimentées. Il est rare, en effet, que la précocité du fruit soit toujours unie à l'abondance de la production.

La solution de ces questions multiples nous semble intéresser aussi bien le botaniste que le producteur et le consommateur, car entre toutes les plantes cultivées qui méritent le plus de fixer l'attention de l'agriculteur, la pomme de terre est aujourd'hui une des plus importantes.

La pomme de terre est pour l'homme un aliment sain et substantiel, un aliment en quelque sorte local qui, dans les campagnes, diminue la consommation des grains et tend à faire disparaître des grandes populations le monopole, l'accaparement, la famine et ses affreux ravages.

Distribuée en nourriture aux animaux, elle les maintient en bon état, et rend leurs déjections plus efficaces pour l'amendement des terres.

Par l'intermédiaire de cette plante, les cultivateurs auront, avec des terres même médiocres, le moyen de faire des élèves pendant la belle saison, et d'entretenir l'hiver des troupeaux relativement nombreux. S'il sème la pomme de terre dans son modeste champ, l'humble habitant de la campagne trouvera une ressource assurée pour faire vivre tout son monde.

La facilité avec laquelle la pomme de terre se propage en abondance dans toutes les régions, et l'époque si favorable pour la préparation du sol à recevoir ce tubercule, sont les causes qui ont dû influer sur sa grande extension, et qui expliquent la large part qu'on lui réserve dans les cultures des régions tempérées, ou froides

du monde entier. On la voit, en effet, apparaître aux latitudes les plus élevées et jusqu'en Islande; en Suède, au delà de 64° de latitude; au Chili, elle s'élève à 3800 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Ainsi, il semble que la Providence ait voulu rendre l'univers entier tributaire d'une faible plante qui est restée si longtemps méconnue parmi nous. Ces considérations nous ont engagé à nous livrer de nouveau à l'étude de la pomme de terre, et notre travail n'a qu'un seul but : celui d'être utile.

Afin d'éviter les erreurs qui peuvent se glisser dans ces sortes d'expériences, nous donnerons la monographie des dix-huit variétés de tubercules sur lesquels ont porté nos observations. Le plus grand nombre, en effet, des pommes de terre de la grande culture, appartiennent à la classe des patraques et ne se différencient les unes des autres que par des caractères secondaires et peu fixes, au nombre desquels nous rangeons la couleur, l'aspect de la peau, les yeux, la forme générale, etc.

Au milieu de la confusion qui règne encore aujourd'hui dans la synonymie des variétés, nous nous efforcerons d'y apporter quelque clarté, en simplifiant le plus possible toutes les descriptions techniques.

Cependant, bien que fastidieuse, cette monographie spéciale et caractéristique a son importance : elle est une garantie de la sincérité et de l'exactitude des expérimentations, soit présentes, soit à venir.

MONOGRAPHIE.

1. — Pomme de terre de Zélande.

Variété à tubercules rouges ronds, parfois un peu aplatis, peau écailleuse, assez souvent lisse, yeux peu nombreux et superficiels.

Sa végétation a été vigoureuse, homogène dans son ensemble, ses fleurs blanches se sont montrées vers le 8 juillet. Les feuilles étaient plissées, larges, de couleur foncée. Les tubercules récoltés, au-dessous de la moyenne comme grosseur. Chair jaune, cercle irrégulier, mais bien délimité; taches rouges à la base des jeunes pousses, ligne circulaire d'un jaune plus foncé faisant zone avec le cercle extérieur, pousses violettes.

2. — P. Red Kinned flour ball.

Syn. : Boule de farine.

Tubercules rose pâle, à peau écailleuse; yeux peu nombreux et superficiels, de forme ovoïde, aplatis dans les gros tubercules et arrondis dans les plus petits. Les premiers pesaient de 700 à 1040 grammes.

Sa végétation riche et homogène s'est fait remarquer; les fleurs roses, au nombre de 8-10, ont paru vers le 1er juillet; ses feuilles sont larges et de couleur moins foncée que dans l'espèce précédente; tige anguleuse d'un vert pâle et marquée de purpurin; jeunes pouces violacées.

Chair jaune, présentant deux zones dont la moins foncée est au centre, liséré vert sous la peau, cercle assez régulier dans les moyens et les petits tubercules, ellipsoïdal dans les gros; taches rouges plates et insymétriques dans la chair.

3. — Saucisse.

Tubercules ovoïdes, rouges, un peu aplatis, parfois ronds dans quelques-uns; peau lisse; yeux superficiels. Beaucoup d'irrégularités dans la forme et surtout dans la végétation; ces faits sembleraient indiquer un défaut de pureté dans la semence. — Peut-être avait-elle subi quelques avaries non apparentes avant la mise en terre.

Chair jaune foncé, uniforme; cercle bien délimité, généralement de forme allongée; jeunes pousses blanches avec pointes violettes.

4. — P. Grosse d'Amérique.

Tubercules gros, ronds, à peau écailleuse et jaune; yeux peu enfoncés, excepté dans les types à proéminences ou bosselés. Tiges fortes; peu de fleurs au 8 juillet; feuilles larges, plissées et de couleur foncée.

5. — P. Van der Veer.

Tubercules gros, jaunes; yeux peu nombreux, superficiels, assez réguliers de forme. Les grosses pommes de terre de cette variété ont de la tendance à s'allonger; les moyennes et les petites, à conserver la forme ronde, qui paraît caractériser l'espèce. Végétation luxuriante et homogène; pas de fleurs; feuilles larges.

Chair jaune clair, blanchâtre, couleur homogène; cercle assez régulier dans les moyens tubercules; pas de liséré verdâtre sous la peau.

6. — P. Seed.

Tubercules jaunes; peau écailleuse; yeux superficiels et peu nombreux; réguliers de forme, se rapprochant de l'ovoïde.

Défaut d'homogénéité dans la végétation et pas de fleurs.

Chair jaune clair, uniforme; cercle bien délimité.

7. — P. Farinosa.

Tubercules ronds, d'un jaune grisâtre; peau écailleuse; yeux peu nombreux et presque superficiels. Forme générale régulière. Belle végétation, peu homogène et absence de fleurs.

Chair jaune, régulièrement foncée; cercle irrégulier dans les gros tubercules; jeunes pousses blanchâtres.

8. — P. Irish pink eyed.

Syn. : à œil rouge, rognon rouge et jaune, la Virole.

Tubercules ronds, bicolores ou grisâtres panachés de rouge, un peu déformés dans les échantillons d'une certaine grosseur; yeux demi-enfoncés, plus rouges au pourtour que dans les autres parties, ou à œil violet; peau peu rugueuse, gercée, surtout au sommet.

Végétation luxuriante; feuilles plissées, de couleur foncée; tiges aériennes généralement très-élevées, anguleuses, à angles saillants ondulés et frisés; corolle violacée; fleurs grandes au nombre de 6-8 sur des pédoncules pubescents. Beaucoup de pommes de terre de seconde pousse; la moyenne des grosses inférieure à celle des autres années.

Chair jaune de beurre; cercle mal délimité, irrégulier; zone plus foncée sous la peau; jeunes pousses blanchâtres avec pointes rosées.

9. — P. Early don.

Ronde jaune, très-écailleuse; yeux demi-enfoncés, réguliers.

Belle végétation; mais tiges moins élevées que dans la variété précédente.

Chair jaune clair; cercle assez régulier; jeunes pousses violacées.

10. — P. Mangel Wurtzel.

Syn. : Betterave, Doigt de Notre-Dame, de 1 mètre.

Tubercules rouges de forme allongée, presque cylindriques et arrondis aux deux extrémités; yeux nombreux demi-enfoncés, peau peu écailleuse, rose clair. Les petits tubercules accolés exceptionnellement aux gros lui ont fait donner dans certaines localités le nom de Doigt de Notre-Dame.

Végétation vigoureuse; couleur foncée des tiges aériennes et des feuilles presque glabres en dessous; fleurs violettes 12-18 à pédoncules assez longs, peu pubescents; calice pubescent à tube non coloré.

Chair jaune blanchâtre avec liséré rose sous la peau; cercle irrégulier, délimité par une ligne rosée se fondant dans l'intérieur sous forme de taches. La ligne verte, peu sensible d'ailleurs, présente des solutions de continuité.

11. — P. Géante (Betterave).

Grosse jaune, lisse; yeux nombreux et très-enfoncés.

Végétation luxuriante; fleurs blanches; feuille foncée en couleur. Cette variété imite beaucoup le chardon; mais elle est plus lisse et manifeste une tendance à s'allonger dans les plus gros tubercules. Le chardon, au contraire, conserve la forme ronde.

Chair jaune-serin clair, uniforme; liséré verdâtre, peu étendu et irrégulier; cercle irrégulier et bien délimité; jeunes pousses blanches à sommets violacés.

12. — P. Chardon.

Syn. : de Saxe, patraque jaune.

Tubercules ronds, d'un jaune gris; yeux nombreux et très-enfoncés. Elle présente quelques lenticelles ou taches verruqueuses à la surface; forme irrégulière ou bosselée.

Excellente végétation; les tiges aériennes sont toujours très-fortes, anguleuses, à angles saillants ondulés; semées de ponctuations purpurines; feuilles grandes; fleurs de 4 à 6 sur des pédoncules courts et pubescents; corolle blanche. Jeunes pousses blanches à pointes violacées.

Chair jaune, plus pâle au centre et légèrement verdâtre sous la peau; cercle irrégulier.

13. — P. Early rose.

Tubercules allongés, blanc rosé, un peu aplatis; yeux peu nombreux et superficiels; variables de forme et de couleur suivant le terrain et les influences locales.

Belle végétation, homogénéité; fanes desséchées vers le 20 juillet.

Chair jaune clair blanchâtre; cercle assez régulier ou prenant la forme d'une ellipse; pas de ligne verte sous la peau; homogénéité dans la couleur; jeunes pousses blanches avec pointes violettes.

14. — P. Grosse jaune.

Jaune ronde; yeux peu enfoncés et peu nombreux; peau lisse avec lenticelles à la surface. Dépression assez prononcée sur les gros échantillons, régulière dans l'ensemble.

Bonne végétation; feuilles très-plissées, d'une nuance claire, et fleurs blanches.

Chair jaune foncé, uniforme; ligne verdâtre sous la peau; cercle irrégulier.

15. — P. Violette Strub.

Tubercules ronds, bicolores; yeux nombreux, demi-enfoncés.

Tiges aériennes élevées; feuilles fortement plissées, de couleur foncée; fleurs violettes.

Chair jaune clair; cercle irrégulier; pas de ligne verte sous la peau.

16. — P. Juxière améliorée.

Tubercules gros, un peu ovoïdes, irrégulièrement et légèrement aplatis; peau jaune grisâtre, écailleuse; yeux demi-enfoncés.

Tiges élevées, robustes, rameuses, glabres et anguleuses; feuilles pâles en couleur; fleurs blanches, deviennent légèrement lilas en vieillissant. Ses fleurs sont au nombre de 10-14 portées par des pédoncules assez courts.

Chair jaune clair liséré de jaune verdâtre vers la peau; cercle très-irrégulier.

17. — P. De trois mois.

Jaune ronde, lisse; yeux superficiels; forme assez régulière.

Végétation ordinaire; feuilles plissées et de couleur foncée; la

floraison ne s'est pas manifestée, et cette variété n'a pas justifié son nom qui indique une espèce hâtive.

Chair jaune uniforme; cercle irrégulier; jeunes pousses blanches avec pointes violacées.

18. — P. Schaw ou Chave.

Tubercules ronds, rarement ovoïdes; peau jaune clair, lisse ou peu écailleuse; yeux presque superficiels, variant de 8 à 12 par tubercule; feuilles plissées ou cloquées et d'une nuance plus claire que le chardon, d'un vert clair en dessus, plus pâle en dessous; fleurs lilas, portées par des pédoncules de 8 à 10 centimètres, au nombre de 12 à 14. Jeunes pousses violacées.

Tige droite, simple ou rameuse, d'un vert clair, à angles peu saillants et peu ondulés. Chair jaune de beurre, plus pâle au centre; cercle bien délimité, liséré vert peu prononcé.

Après avoir ainsi précisé les caractères des variétés sur lesquelles a porté notre travail, il nous a paru intéressant de déterminer la valeur comparative de ces 18 variétés de tubercules en les étudiant sous le rapport du rendement plus ou moins abondant, de la richesse nutritive et de la valeur industrielle. Cette valeur, toutefois, n'est point absolue. La pratique et l'expérience nous enseignent qu'elle peut être modifiée par les variations atmosphériques, le mode de culture, la nature du terrain. D'autres modifications peuvent encore tenir à des conditions particulières qui échappent à l'analyse.

En de semblables circonstances, il nous semble qu'une *station agronomique* doit s'imposer le devoir d'éclairer les cultivateurs en leur indiquant les espèces qu'il convient de préférer suivant les situations différentes où ils se trouvent placés.

Pour arriver au résultat que nous cherchons, quelles étaient les précautions à prendre? Je les résume ainsi :

1° Homogénéité dans toutes les parties de la terre servant à l'expérience;

2° Semis exécutés avec régularité, à la même époque et dans les mêmes conditions;

3° Fumure à dose convenable;

4° Culture identique;

5° Mode de conservation qui permît de se livrer à des comparaisons exactes.

Suivons le développement de chacun de ces points. Le champ d'expériences a été ensemencé, fin d'avril, avec des tubercules dont le poids moyen a été de 108 grammes, à la profondeur de 10 à 12 centimètres. Les semences ont été placées sur du fumier consommé qui avait été préalablement déposé au fond de chaque poquet. La dose du fumier peut être estimée à environ 70 000 kilogrammes à l'hectare.

En agissant ainsi, nous avons eu pour but de favoriser la végétation d'un semis tardif, et surtout de placer les pommes de terre de telle manière qu'il fût possible d'obtenir des résultats facilement comparables, tant au point de vue de la rusticité qu'au point de vue de la disposition à la maladie.

L'arpentage du terrain a permis de fixer à 30 000 par hectare le nombre des poquets. Ce chiffre est inférieur à celui qui est généralement admis dans les grandes cultures, et que nous avons vu porter à 40 000 et plus.

Pendant la période de la végétation, les plantes ont reçu deux binages et un buttage énergique.

Elles ont végété avec vigueur pendant tout l'été, et à l'époque de l'arrachage, fin d'octobre, le plus grand nombre présentaient leurs fanes encore vertes. Quelques variétés ont donné une nouvelle végétation de petits tubercules; nous les avons trouvés moins denses que ceux qui étaient parvenus à complète maturité.

Les tableaux qui suivent donnent la composition de la terre et le résultat des diverses analyses.

Composition de la terre. Limon composé p. 100 de :

Sable gros	25
Silice fine	75

Analyse chimique de la richesse organique et minéralogique.

Matières organiques	4, pour 0/0
Azote	0,184
Carbonate de chaux	0,470
Silice soluble	0,450
Oxyde de fer	1,200

L'humus soluble dans le carbonate de soude, forme le quart des matières organiques.



TABLEAU SYNOPTIQUE N° 1, INDIQUANT LE POUVOIR PRODUCTIF DES 18 ESPÈCES EXPÉRIMENTÉES EN 1874.

NOMS DES VARIÉTÉS.	RENDEMENT DE 17 POQUETS.				RENDEMENT à l'hectare.	POIDS de la semence à l'hectare.	RAPPORT du produit avec la semence.	CLASSEMENT d'après le rendement.	POIDS des tubercules sains au 1er février.	CLASSEMENT d'après ce poids.
	POIDS des gros tubercules.	POIDS des moyens.	POIDS des petits.	POIDS TOTAL.						
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.				kil.	
Pommes de terre de Zélande..........	5.400	11.075	6.275	22.750	40.147	3.240 kil.	12.38	6	36.786.70	5
— red kinned flour ball..	17.900	2.700	1.200	21.800	38.471		11.85	10	35.647.23	6
— Saucisse.............	2.475	1.625	1.150	5.250	9.265		2.86	18	8.143.94	18
— Grosse d'Amérique...	11.140	7.385	3.350	21.875	38.603		11.91	9	35.360.35	8
— Van der Veer........	17.780	8.950	2.040	28.770	50.771		15.67	1	49.735.58	1
— Seed	9.825	4.600	1.510	15.935	28.144		8.68	15	28.115.86	12
— Farinosa......... ...	11.500	5.250	1.750	18.500	32.647		10.07	14	25.164.31	14
— Irish pink eyed......	14.125	6.575	7.700	28.400	50.118		15.46	2	40.254 78	3
— Early don...........	4.035	4.175	1.790	10 »	17.647		5.44	17	13.111.72	17
— Mangel Wurtzel......	18.450	4.500	» 850	23.800	42.000		12.96	5	34.045.20	9
— Géante (betterave)....	17.950	4.750	» »	22.700	40.068		12.38	8	26.100.29	13
— Chardon	19 595	6.990	1.365	27.950	49.324		15.22	3	47.582.90	2
— Early rose...........	6.535	5.325	1.590	12.450	21.971		6.78	16	20.384.67	16
— Grosse jaune.........	13.350	5.150	1.500	20 »	35·294		10.89	11	32.294.01	11
— Violette Strub........	10 100	14.500	2.400	27 »	47.647		14.70	4	35.601.84	7
— Juxière améliorée....	17 »	5.700	» 050	22.750	40.147		12.38	6	37.352.77	4
— De trois mois...... .	12.885	3.225	3.090	19.200	33.882		10.45	12	23.872.26	15
— Shaw ou chave......	11.520	4.632	2.772	18.924	31.394		10.30	13	31.093.45	10
Moyenne........	12k309	5k950	2k243	20k448	36.085k55				31.259k32	

L'examen du premier tableau synoptique démontre d'une manière évidente qu'il existe des différences notables entre les diverses variétés de pommes de terre même parmi celles qui sont généralement reconnues très-productives, puisque le rendement peut être fixé, relativement à la quantité de semence, entre les chiffres 2 1/2 et 15 1/2.

Bien que très-importante, cette donnée ne suffit pas cependant pour fixer d'une manière définitive le choix d'une variété. En effet, la faculté productive est l'un des facteurs d'un produit dont les autres facteurs sont la puissance nutritive ou matière sèche, la quantité de fécule et la résistance à la maladie ou rusticité.

Afin d'obtenir ces éléments, nous nous sommes livré à des analyses sur des tubercules de la récolte de 1874, convaincu que la fécule n'est pas le seul principe nutritif. Selon nous, ce principe réside aussi dans la matière grasse, l'albumine, le parenchyme ou tissu ligneux : les sels même renfermés dans les eaux de végétation peuvent également jouer un rôle dans l'alimentation, rôle non défini encore, mais qui n'en est pas moins réel.

Le tissu ligneux ou parenchyme ne dépasse guère un centième, d'après les analyses de Vauquelin, Payen et Chevalier, et les travaux plus récents de M. Boussingault.

Il suit de là que le chiffre presque insignifiant de substance assimilable ou non assimilable qu'il contient peut être négligé, sans que cette omission puisse faire varier la puissance nutritive de la pomme de terre, évaluée d'après la substance sèche qu'elle renferme.

Avant d'indiquer les résultats de nos analyses, nous allons donner ici les chiffres fournis par MM. Boussingault et Payen, qui viennent justifier nos propres appréciations.

Analyse de M. Boussingault.

	Tubercules frais.	Tubercules séchés à 110°
Eau	75,0	»
Albumine	2,3	9,6
Matière grasse	0,2	0,8
Ligneux et cellulose	0,4	1,7
Substances salines	1,0	4,1
Amidon et corps analogues	20,2	83,8
	100,0	100,0

Suivant M. Payen, la pomme de terre renferme :

Fécule	20,00
Épiderme, pectate et pectinates de chaux, soude et potasse.	1,65
Albumine et matières azotées analogues	1,50
Matières grasses	0,10
Asparagine	0,12
Sucre, résine, huile essentielle	0,10
Citrate de potasse, phosphate de potasse de chaux, de magnésie, silice, albumine, oxyde de fer et de magnésie	1,50
Eau	74,00
	100,00

Les cendres de pommes de terre renferment, d'après Vogel, 15 p. 100 de matières insolubles dans l'eau et 28,5 p. 100 de matières solubles.

Les matières insolubles sont des phosphates et des carbonates de chaux et de magnésie, unis à des traces d'alumine et de peroxyde de fer.

Les matières solubles contiennent surtout des phosphates, des carbonates et des sulfates alcalins. L'acide phosphorique est représenté par 5,33 p. 100 et l'acide sulfurique par 6,93 p. 100.

Au sujet de ce même tableau, nous avons à présenter deux observations :

1° Le semis tardif a diminué le rendement, et comme conséquence, le rapport entre la semence et la récolte.

2° La grosseur des tubercules qui ont servi de semence a également contribué à faire varier d'une manière défavorable le même rapport.

Ainsi que nous l'avons déjà dit, la comparaison des variétés hâtives Early rose, Early don, Shave avec les variétés tardives à haute production, serait une erreur économique, si l'on se bornait à tenir compte du pouvoir productif seul; car, en général, les deux termes précocité et productivité s'excluent.

Notons en passant que la pomme de terre Early rose, plantée fin avril, s'est trouvée bonne à récolter vers la mi-juillet. — Sous l'influence d'une chaleur intense, la végétation s'est effectuée avec une trop grande rapidité. — Ainsi se trouvent expliqués le rendement faible de cette variété et aussi la nécessité de comparer entre elles un plus grand nombre de pommes de terre hâtives.

La pomme de terre saucisse a donné un rendement considérable

dans les cultures en grand et dans les expériences sur les cultures hâtives, en vue d'étudier les moyens préventifs contre la maladie.

Le produit a varié de 18 à 30000 kilog. à l'hectare. L'idée de multiplier les expériences afin d'assurer le choix judicieux des variétés, trouve ici encore une nouvelle sanction.

TABLEAU SYNOPTIQUE N° 2, INDIQUANT LA COMPOSITION DES 18 VARIÉTÉS DE POMMES DE TERRE CULTIVÉES EXPÉRIMENTALEMENT EN 1874.

NOMS DES VARIÉTÉS.	Eau de végétation ou hygroscopique p. 100.	Matières sèches p. 100.	Fécule p. 100.	Parenchyme et matières solides p. 100.	Classement d'après leur valeur alimentaire à poids égal.	Classement d'après leur valeur industrielle à poids égal.
Pomme de terre de Zélande.	74.68	25.32	13.40	11.92	13	15
Red Kinned flourball.....	75.96	24.04	12.54	11.50	17	16
Saucisse..................	73.97	26.03	13.79	12.24	10	12
Grosse d'Amérique.......	75.37	24.63	14.40	10.23	15	9
Van der Weer...........	74.24	25.76	13.55	12.21	12	14
Seed.....................	72.52	27.48	15.31	12.17	8	8
Farinosa.................	74.03	25.97	13.87	12.10	11	11
Irish pink eyed..........	73.34	26.66	14.33	12.33	9	10
Early don................	69.39	30.61	18.50	11.10	2	2
Mangel Wurtzel..........	71.48	28.52	16.74	11.78	5	5
Géante (betterave).......	79.05	23.95	11.99	11.96	18	18
Chardon.................	70.83	29.17	18.50	10.67	4	2
Early rose...............	71.82	28.18	16.28	11.90	6	7
Grosse jaune............	74.92	25.08	13.63	11.45	14	13
Violette Strub...........	72.25	27.75	16.48	11.27	7	6
Juxière améliorée........	70.07	29.93	17.70	12.23	3	4
De Trois mois...........	75.45	24.55	12.33	12 22	16	17
Shaw ou Chave..........	68.40	31.60	18.78	11.82	1	1
MOYENNE..........	73.043	26.957	15.118	11.727		

L'inspection des deux tableaux synoptiques qui précèdent nous permet de classer les pommes de terre d'après la faculté nutritive et la valeur industrielle qui caractérisent chacune d'elles.

Le cultivateur pourra donc se rendre compte des variétés les plus profitables, lorsque les circonstances où il se trouvera placé seront identiques à celles que nous venons de mentionner.

Pour obtenir les divers résultats spécifiés dans le tableau n° 3, il faut opérer des calculs très-élémentaires. Ainsi la quantité de matière sèche à l'hectare s'obtient en multipliant le rendement du 1er tableau par le coefficient de matière sèche du 2e, et en divisant le produit par 100.

La valeur industrielle s'apprécie en combinant le rendement inscrit au 1er tableau avec la quantité de fécule pour 100 indiquée dans le 2e.

Un examen attentif du 2e tableau tend à démontrer que la matière sèche et la fécule sont deux composants dont les rapports varient proportionnellement. Au contraire l'eau de végétation est inversement proportionnelle au principe nutritif et à l'élément industriel.

La moyenne des 18 espèces en substance sèche est.	26,957
Celle de la quantité de fécule p. 000 est.	15,118

En 1864, 150 variétés de pommes de terre analysées nous avaient donné les résultats suivants :

Fécule.	16,219
Substances sèches.	26,600

M. Le Corbellier a obtenu avec les espèces ci-dessous :

	Matières sèches.	Fécule.
Kydney.	26,40	20,50
Shaw.	27,23	21,23
Jeuxy.	25,17	19,17
Ségonzac.	21,97	15,97
Jaune de Hollande. . . .	20,53	14,53
Moyennes. . . .	24,26	18,26

M. Girardin a constaté les moyennes suivantes dans une première analyse de 52 espèces de pommes de terre :

Fécule	13,13
Substances sèches.	24,56

Nous concluons d'une manière générale que les pommes de terre renferment de 12 à 25 p. 100 de fécule, et la substance sèche peut varier de 20 à 35.

Il y a près de 70 ans, Vauquelin, en analysant 38 de ces mêmes tubercules, avait trouvé de 22 à 32 de fécule. Ces chiffres, supérieurs à ceux d'aujourd'hui, semblent marquer de la part de la pomme de terre une tendance à dégénérer.

Le tableau synoptique suivant résume tout à la fois les deux premiers et indique la valeur alimentaire et industrielle des divers tubercules :

TABLEAU SYNOPTIQUE N° 3, INDIQUANT LA VALEUR DES POMMES DE TERRE EXPÉRIMENTÉES SOUS LE RAPPORT DE L'ALIMENTATION ET DE L'INDUSTRIE. — ANNÉE 1874.

NOMS DES VARIÉTÉS.	QUANTITÉ de matière sèche à l'hectare.	CLASSEMENT d'après la valeur alimentaire.	QUANTITÉ de fécule à l'hectare.	CLASSEMENT d'après la valeur industrielle.
Pommes de terre de Zélande.	10.165k22	8	5.379k70	9
Red Kinned flour ball........	9.218 43	12	3.824 26	15
Saucisse....................	2.411 68	18	1.267 64	18
Grosse d'Amérique..........	9.507 92	11	558 83	8
Van der Veer...............	13.078 61	4	6.879 47	6
Seed.......................	7.733 97	15	4.308 85	13
Farinosa..................	8.478 43	13	4.528 04	12
Irish pink eyed.............	13.361 48	2	7.281 19	3
Early don..................	5.401 75	17	1.914 70	17
Mangel Wurtzel.............	11.978 40	6	7.030 88	5
Géante.....................	9.596 29	10	4.803 15	11
Chardon....................	14.387 81	1	9.124 94	1
Early rose.................	6.090 43	16	3.574 88	16
Grosse jaune...............	9.851 74	9	4.810 57	10
Violette Strub.............	13.222 05	3	7.852 23	2
Juxière améliorée..........	12.016 »	5	7.106 02	4
De trois mois..............	8.318 03	14	4.177 65	14
Shaw ou chave..............	10.542 40	7	6.238 »	7
MOYENNE.........	9.743k92		5.036k65	

Le cultivateur peut donc faire son choix suivant le but qu'il se propose, soit que la pomme de terre serve à l'alimentation du bétail, soit qu'elle ait pour destination de se transformer dans les féculeries.

Si, maintenant, nous voulons nous placer au point de vue de l'économie domestique, nous aurons à consulter le goût, le facile écoulement des produits, les prix différents qui peuvent se manifester entre les pommes de terre hâtives et les pommes de terre tardives, si après la cuisson les racines restent fermes ou se délitent facilement; enfin nous chercherons à réunir les éléments qui caractérisent, selon le but à atteindre, l'espèce la plus parfaite.

Au point de vue de l'alimentation du bétail, nous classons les pommes de terre dans l'ordre suivant :

Chardon,
Irish pink eyed,
Violette Strub,
Van der Veer,

Juxière améliorée,
Mangel Wurtzel.

Si nous les considérons sous le point de vue de la quantité de fécule qu'elles donnent à l'hectare, elles occupent le rang ci-après :

Chardon,
Violette Strub,
Irish pink eyed,
Juxière améliorée,
Mangel Wurtzel,
Van der Veer.

Le tableau n° 2 nous donne également lieu de distinguer qu'à poids égal, les racines les plus riches en fécule sont :

Shaw,
Early don,
Chardon,
Early rose,

A part la pomme de terre Chardon, qui se trouve classée, sous le rapport de la fécule, l'une des premières, ce sont généralement les variétés hâtives qui, à poids égal, donnent un rendement plus considérable de cette substance.

Seulement l'infériorité bien marquée de leur récolte, comme poids, les fait déprécier, et l'industrie préfère la culture des pommes de terre dites Patraque, Chardon et autres, qui lui fournissent une plus grande quantité de ce produit.

C'est donc à l'agriculteur de prendre en sérieuse considération es divers éléments de la variété sur laquelle son choix s'est fixé, à savoir sa puissance productive, sa faculté nutritive et féculente.

En effet, telle espèce, bien que pauvre en principe nutritif, mais fournissant un produit abondant, peut facilement l'emporter, et de beaucoup, sur une autre espèce riche en substance nutritive, mais peu productive. Ainsi, comme exemples, les variétés hâtives : Shaw, Early rose classées les premières, à poids égal, ne figurent qu'au 7e et 16e rang comme valeur industrielle et comme valeur alimentaire, au 13e et au 16e rang comme rendement en poids.

Les données analytiques fournies par quelques-uns de nos savants chimistes, Vauquelin, Payen, MM. Boussingault et Girardin, ne sont

pas toujours identiques. Ces différences peuvent provenir des variétés analysées, de la nature du sol, des variations atmosphériques et d'autres causes secondaires sur lesquelles nous aurons à appeler l'attention. — Il ne peut évidemment entrer dans notre pensée de déduire de ces faits locaux ou transitoires, qui ne peuvent guère s'appliquer qu'à une contrée, des conséquences générales. Car, outre la nature du sol, qui modifie singulièrement le rendement, il faut encore tenir compte des engrais et surtout des circonstances climatériques, qui exercent sur le système général de la production agricole, une action plus ou moins salutaire. — En conséquence, les principes et les règles qui peuvent être mis en pratique dans notre région ne se trouvent plus applicables dans un autre pays. Il appartient aux *stations agronomiques* de porter la lumière sur cette importante question.

TABLEAU SYNOPTIQUE N° 4, INDIQUANT LA RUSTICITÉ OU LA RÉSISTANCE A LA MALADIE DES 18 VARIÉTÉS EXPÉRIMENTÉES. — ANNÉE 1874.

NOMS DES VARIÉTÉS.	GATÉES p. 100 au 1er novembre.	GATÉES p. 100 au 1er décembre.	GATÉES p. 100 au 1er janvier.	GATÉES p. 100 au 1er février.	CLASSEMENT d'après leur rusticité.
Pommes de terre de Zélande	2.45	5.28	7.65	8.57	10
Red kinned flour ball	4.57	6.88	6.88	7.38	7
Saucisse	7 21	11.43	11.80	12.10	11
Grosse d'Amérique	3.29	6.40	7.25	8.40	8
Van der Veer	0.94	1.74	1.74	2 »	3
Seed	»	»	»	0.10	1
Farinosa	14.43	22.70	22.70	22.92	14
Irish pink eyed	10.87	19.08	19.08	19.68	13
Early don	15.28	25.20	25.20	25.70	16
Mangel Wurtzel	12.64	18.49	18.49	18.94	12
Géante	19.95	30.76	31.93	34.86	18
Chardon	1.07	2.15	2.15	3.55	4
Early rose	3.46	7.22	7.22	7.22	6
Grosse jaune	4.39	8 »	8 »	8.50	9
Violette Strub	13.83	20.78	22.87	25.28	15
Juxière améliorée	2.77	6.16	6.16	7.96	5
De trois mois	16.18	28.54	28.80	29.54	17
Shaw ou Chave	»	»	»	0 80	2
Moyenne	7.407	12.26	12.66	13.47	

Pour rendre plus exactes les recherches sur la *rusticité* des dix-huit espèces, ou, en d'autres termes, sur la tendance plus ou moins prononcée qu'elles pouvaient manifester envers la maladie, nous

les avons placées dans des conditions défavorables. Et, pour cet effet, lors de la plantation, les racines ont été mises en contact immédiat avec du fumier consommé. Au moment de la récolte, nous avons pu constater les pertes éprouvées. Ces pertes sont consignées (tableau n° 4) aux époques ci-après : 1er novembre, 1er décembre, 1er janvier et 1er février.

Les pommes de terre Seed, Shaw, Chardon, Van der Veer se sont parfaitement conservées. Les pommes de terre Géante, de Trois mois, Early don, Violette Strub, etc., ont subi une notable déperdition.

En général, la densité des tubercules analysés a été proportionnelle à la quantité de fécule pour 100.

Les dissidences que l'on peut reconnaître à l'inspection du tableau s'expliquent aisément.

La puissance assimilatrice plus prononcée de certaines variétés, l'abondance et l'action de quelques sels dans l'eau de végétation, sont des causes suffisantes qui peuvent produire cet effet, c'est-à-dire faire varier le rapport entre la substance féculente et le poids du tubercule.

Il n'est pas inutile de faire remarquer que les pommes de terre d'un fort volume sont généralement moins denses que les pommes de terre de petite ou de moyenne grosseur.

C'est donc sur le choix judicieux des échantillons destinés aux pesées que doivent s'appuyer les comparaisons à établir entre les diverses variétés.

Les densités moyennes obtenues par M. Le Corbellier sont :

1,102 pour les petits tubercules,
1,109 pour les moyens.
1,092 pour les gros.

Celles de cette année pour les 18 variétés analysées ont été de :

1,086 pour les petits tubercules,
1,092 pour les moyens,
1,083 pour les gros.

En 1864, la densité moyenne de 150 variétés cultivées à l'Institut agricole a été de 1,103.

Ce chiffre, supérieur au précédent, s'explique par le grand nombre de tubercules essayés et surtout par une plus forte proportion de pommes de terre hâtives qui sont généralement plus denses que les tardives.

Nous devons relever ici l'erreur d'un écrivain agronome qui, dans un de ses ouvrages, a publié ce qui suit :

« La densité de la pomme de terre est plus grande que celle de la carotte, mais moins élevée que le poids spécifique de la betterave ».

Pour juger de l'exactitude de cette assertion, il suffit de mettre en parallèle les densités respectives de ces diverses racines.

Densités obtenues à l'Institut agricole en 1864 :

Pommes de terre, densité moyenne de 150 variétés.	1,103
Betteraves, 18 variétés expérimentées, densité de la partie inférieure. . .	1,0287
Id. densité de la partie supérieure.	1,0114
Carottes, 12 variétés, densité moyenne..	1,0140
Carottes, 12 variétés cultivées dans un marais, moyenne..	1,007

TABLEAU SYNOPTIQUE N° 5, INDIQUANT LA DENSITÉ DES TUBERCULES SOUS DIVERS VOLUMES.

NOMS DES VARIÉTÉS.	DENSITÉ des petits tubercules.	DENSITÉ des moyens tubercules.	DENSITÉ des gros tubercules.	MOYENNE des trois densités.
Zélande.	1.077	1.081	1.081	1.079
Red kinned	1.086	1.087	1.077	1.083
Saucisse	1.083	1.095	1.079	1.086
Grosse d'Amérique	1.091	1.092	1.090	1.091
Van der Veer	1.078	1.089	1.065	1.078
Seed	1.102	1.089	1.078	1.090
Farinosa	1.095	1.091	1.089	1.092
Irish pink eyed	1.092	1.099	1.088	1.093
Early don	1.102	1.112	1.111	1.108
Mangel Wurtzel	1.079	1.083	1.080	1.081
Géante	1.080	1.084	1.076	1.080
Chardon	1.080	1.086	1.073	1.080
Early rose	1.106	1.099	1.093	1.099
Grosse jaune	1.081	1.089	1.087	1.089
Violet'e Strub	1.083	1.085	1.079	1.092
Juxière améliorée	1.100	1.098	1.085	1.084
De trois mois	1.078	1.082	1.073	1.078
Chave	1.117	1.120	1.118	1.118
MOYENNE	1.086	1.092	1.083	1.089

En pénétrant dans l'intérieur de la terre, l'eau, agissant comme véhicule, donne lieu á des phénomènes nombreux de décompositions et de transformations très-utiles à la végétation, à la condition toutefois qu'elle ne dépassera pas certaines limites. Sans ce précieux élément, les engrais ne peuvent se décomposer d'une façon complète,

les principes minéraux renfermés dans le sol n'agissent que faiblement les uns sur les autres; l'ascension de la sève demeure suspendue, de même que l'assimilation des principes organiques ou inorganiques qui contribuent, pour une si large part, au développement du végétal.

Privées de la quantité d'eau qu'elles réclament impérieusement, les plantes se trouvent condamnées à parcourir avec une rapidité extrême les différentes phases de leur existence; et les tissus qui les forment ne peuvent prendre un développement normal.

Au contraire, l'eau est-elle abondante ou seulement en suffisante quantité, alors elle apporte au végétal non-seulement les éléments nutritifs qu'elle tient en dissolution, mais elle détermine en outre à la surface de la plante une évaporation utile qui favorise l'absorption de la sève ascendante destinée à la formation du *cambium*.

« De même qu'un régime forcé chez les animaux, dit M. Isidore Pierre, diminue la fécondité et la faculté reproductrice en augmentant la masse musculaire et graisseuse, de même la trop grande abondance d'eau, en mettant à la portée des végétaux une plus grande quantité de nourriture dans un temps donné, augmente par cela même la masse des tissus et des organes foliacés, et paraît diminuer chez la plante la faculté de produire des fleurs et des graines. »

Il nous a donc semblé bon d'étudier ce côté de la question, et de ne pas négliger les rapports qui existent nécessairement entre la quantité d'eau tombée pendant la période de la végétation des pommes de terre et les autres éléments que nous avons déjà considérés, la grosseur du tubercule, la valeur alimentaire et industrielle.

Les indications fournies par la météorologie peuvent être plus utiles qu'on ne le pense communément et il y a lieu de tenir compte, comme nous l'avons fait, des indices que cette science offre à l'observateur.

Nous avons noté la quantité d'eau tombée pendant le laps de temps compris entre la plantation et la récolte des pommes de terre, et nous en donnons le tableau ci-après :

La sécheresse a régné dans les premiers temps de la végétation; au contraire, la dernière période a été relativement humide. La récolte s'est donc ressentie de ces influences contraires. Les pluies et surtout les rosées abondantes de l'automne ont produit leur effet.

Ainsi la matière sèche et la fécule se sont développées dans les tubercules avec une trop grande rapidité, et le rendement a été

trouvé inférieur à celui des années où les phases de la végétation s'accomplissent dans des conditions normales, c'est-à-dire lorsque la chaleur de la température et son humidité ne présentent pas des écarts trop considérables.

Voici le résultat des expériences faites par MM. Payen et Chevallier pour constater l'influence du sol plus ou moins humide ou de la quantité d'eau tombée pendant la végétation des pommes de terre :

Toutes ces pommes de terre ont été cultivées dans un même terrain.

Les pluies tombées en mai, juin, juillet, août ont à peine humecté la terre et se sont évaporées rapidement sous l'influence des fortes chaleurs.

	Eau : sol sec.	Eau : sol humide.
Patraque jaune.	71,00	77,50
Hollande jaune.	67,50	84,00
— rouge.	72,00	77,00
Truffe d'août.	74,00	79,00
Vitelotte..	79,50	82,00

Notons en passant les pluies des 23, 24 et 25 mai, qui ont donné 24mm, 65 à l'udomètre de l'Institut agricole; celles des 25, 26, 27 et 28 juin, qui, réunies ont produit 35mm, 60; et enfin celles des 24 25, 26 27 et 28 juillet, qui ont monté à 22mm, 15.

Les autres, et toutes celles d'août, doivent être considérées comme des rosées plus ou moins bienfaisantes.

Septembre, au contraire, a été relativement pluvieux et a donné un coup de fouet à la végétation, non-seulement des pommes de terre, mais encore à celle des betteraves, des navets et autres produits verts.

Ainsi l'eau tombée le	3	est évaluée à	10mm
—	4	—	4
—	7	—	4,50
—	12	—	10,75
—	24	—	13
—	28	—	13,50
—	29	—	10,56
—	30	—	4,25

Température maxima de mai a été de 27°,8 le 30
— minima — 0°,2 le 3
— maxima de juin a été de 29°,2 le 9
— minima — 5°,4 le 13
— maxima de juillet a été de 34° les 2 et 9 du même mois
— minima — 7°,5 le 6
— maxima d'août a été de 26° les 2 et 7 du même mois

Température minima — 7°,4 le 18
— maxima d'octobre a été de 20° le 19
— minima — 2° le 25
— maxima de septembre a été de 31° le 1
— minima — 3°,5 le 15
— maxima de novembre a été de 14° les 4, 5, 6, 7 du même mois
— minima — 5°,8 le 25

La température maxima de juillet a oscillé treize fois entre 29° et 33° (limite extrême)
La température maxima d'août a été constamment au-dessus de 20°.
La température maxima de juin a été dix-huit fois au-dessus de 24°.
La température maxima de mai, 25 fois de 13° à 27°,8.
— septembre, 20 fois de 19° à 31°.
— octobre, 26 fois de 13° à 20°.
— novembre, 11 fois de 10° à 14°.

TABLEAU SYNOPTIQUE N° 6, INDIQUANT LA PLUIE TOMBÉE ET LES DIVERS DEGRÉS DE CHALEUR PENDANT LA VÉGÉTATION.

MOIS DE VÉGÉTATION des POMMES DE TERRE.	QUANTITÉ d'eau tombée pendant les mois indiqués.	SOMME des températures minima de ces mois.	SOMME des températures maxima.	MOYENNE.
Mai	26mm 50	166° 50	545° 40	355° 95
Juin	49 80	338 80	698 70	518 75
Juillet	35 55	426 40	839 10	632 75
Août	22 45	369 40	714 40	541 90
Septembre	78 60	335 70	631 10	483 40
Octobre	48 75	216 60	480 »	348 30
Novembre	46 90	131 10	267 »	199 »
Total	308mm 55	1.984° 50	4.175° 70	3.080° 05

D'après M. de Gasparin, la pomme de terre exige 2.200 à 3.000 degrés de chaleur totale, selon les espèces, pour arriver à complète maturité. Le tableau des quantités de chaleur produites pendant la végétation est un renseignement qu'il faut prendre également en sérieuse considération (1).

(1) D'après cela que faut-il penser de la prétendue découverte d'une culture *hivernale* de la pomme de terre ?

Les lois physiologiques, d'accord avec le simple bon sens, en font complète justice. Impossible, en effet, à une plante de croître et de végéter en dehors des règles qui lui sont tracées. Dans le cas présent, la pomme de terre ne peut évidemment, sous nos climats surtout, réunir pendant l'hiver là somme de degrés de chaleur nécessaires à sa végétation. Donc cette culture, dite *hivernale*, est une erreur et ne peut dans aucun cas remplacer la culture printanière adoptée depuis si longtemps et la seule rationnelle.

Pour compléter cette étude, nous nous sommes occupé de la saveur des dix-huit variétés expérimentées. Mais la diversité des appréciations nous a fait rencontrer des difficultés assez grandes, et il ne nous est guère possible de préciser avec une exactitude rigoureuse, sous ce point de vue, les qualités ou les défauts de nos pommes de terre.

A proximité des grands centres de population, les caractères tirés de la saveur ou du goût ont leur importance et pour la famille et pour les établissements où se trouvent réunis un grand nombre de personnes. Car alors ce n'est pas à l'horticulture que nous devons demander des milliers d'hectolitres de pommes de terre, mais bien à la grande culture.

Celle-ci devra, sans nul doute, se renseigner le plus exactement possible sur la valeur culinaire de ses produits, et pour atteindre ce but, il sera nécessaire de se livrer à des essais nombreux.

Goût des dix-huit variétés cuites sous la cendre ou au four.

1° Zélande. — Chair ferme après cuisson, peu farineuse, goût médiocre.

2° Red Kinned. — Grasse et fade.

3° Saucisse. — Tendre, délicate et farineuse.

4° Grosse d'Amérique. — Peu farineuse, médiocre au goût.

5° Van der Veer. — Farineuse et de bon goût.

6° Seed. — Farineuse et agréable au goût.

7° Farinosa. — Tendre, grasse et de goût médiocre.

8° Irish Pink Eyed. — Pâteuse et fade.

9° Early Don. — Farineuse, de goût agréable.

10° Mangel Wurtzel. — Tendre, farineuse et de bon goût.

11° Géante. — Pâteuse et âcre au goût.

12° Chardon. — Pâteuse, de goût médiocre et même vireuse.

13° Early rose. — Tendre et délicate.

14° Grosse jaune. — Molle, grasse et fade.

15° Violette Strub. — Tendre, farineuse et délicate.

16° Juxière améliorée. — Farineuse, goût agréable.

17° De trois mois. — Grasse et fade.

18° Chave. — Farineuse et goût agréable.

Maladie de la pomme de terre.

Dans un travail spécial sur ce même sujet, nous écrivions en 1864 : Si l'emploi de certains engrais appliqués aux pommes de terre a été considéré par de très-habiles expérimentateurs comme un remède préventif de la maladie, il n'en est pas de même de certaines autres substances qui prédisposent la plante à cette même affection morbide.

C'est d'ailleurs un fait reçu parmi les agriculteurs : plus les fumiers de ferme sont riches en substances ammoniacales, plus aussi est considérable le produit de la récolte ; mais, par compensation, les tubercules sont facilement atteints de la maladie.

Les substances charbonneuses : suie, sciure de bois décomposé, vieux tan, cendres de charbon de tourbe, fumier de paille longue, etc., donnent en général une récolte saine, mais moins abondante que dans le cas précédent.

On devra prendre la précaution d'appliquer le fumier pailleux à l'automne, et celui qui renferme les principes charbonneux ou minéraux, au moment de la plantation.

Dans le but de nous assurer par des expériences directes si tel procédé ou telle espèce d'engrais a sa raison d'être, et s'il présente des garanties suffisantes, nous avons commencé à ce sujet une série d'études dont nous allons brièvement indiquer la marche.

Les expériences ont été exécutées à l'aide des éléments suivants :

1° Chaulage avec sel marin en solution.
2° — avec sulfate de cuivre.
3° — avec l'eau de chaux.
4° — procédé Moren : chaux, sel marin en dissolution et sulfate de cuivre.
5° Engrais Boutin liquide.
6° Chaux en nature dans les poquets.
7° Chaux à la surface du terrain.
8° Fleur de soufre dans les poquets.
9° Sciure de bois dans les poquets.
10° Charbon de bois dans les poquets.
11° Nitre dans les poquets.
12° Sel marin dans les poquets.
13° Sel marin à la surface.

14° Cendres sulfureuses dans les poquets.

15° — à la surface.

Le tableau synoptique n° 6 montre suffisamment le peu d'effet des substances employées; et si le sulfate de cuivre a donné des résultats relativement satisfaisants, cela peut tenir à des conditions particulières et non à l'action du toxique.

Du reste, nous avons choisi de préférence une pomme de terre regardée comme peu rustique ou peu réfractaire à la maladie, et les agents estimés comme préventifs ont été employés à très-haute dose.

Les chiffres parlent mieux que toutes les interprétations, aussi je m'empresse de les transcrire dans le tableau ci-joint.

TABLEAU SYNOPTIQUE N° 7, INDIQUANT L'INFLUENCE DES ENGRAIS COMME MOYEN PRÉVENTIF DANS LES MALADIES DES POMMES DE TERRE.

(Culture de la variété Saucisse, année 1874.)

NOMS DES ENGRAIS.	RENDEMENT de 20 poquets.	RENDEMENT à l'hectare.	GATÉES p. 100 au 1er novembre.	GATÉES p. 100 au 1er décembre.	GATÉES p. 100 au 1er janvier.	GATÉES p. 100 au 1er février.	Rapport entre les saines et les gâtées au 1er février.	Rapport entre la récolte totale et les gâtées au 1er février.
Chaulage avec sel marin en dissolution	5k675	kil. 11.350	6.45	12.34	12.34	12.34	7.10	8.10
— avec sulfate de cuivre	7 500	15.000	»	»	»	»	100.00	100.00
— avec eau de chaux	11 »	22.000	10.37	20.45	21.75	22.40	3.46	4.46
— procédé Moren	10 750	21.500	»	2.86	2.86	2.86	33.96	34.96
— engrais Boutin en dissolution	10 500	21.000	7.41	19.52	19.52	20.10	3.98	4.97
Chaux dans les poquets	20 »	40.000	2.86	13.75	13.98	14.75	5.77	6.78
Chaux à la surface du terrain	18 500	37.000	5.47	18.38	20.45	23.50	3.25	4.68
Fleur de soufre dans les poquets	12 375	24.750	14.83	35.55	35.55	35.55	1.79	2.81
Sciure de bois dans les poquets	12 325	24.650	»	4.87	4.87	5.87	16.04	17.03
Charbon de bois	12 400	24.800	»	2.61	2.61	2 61	37.31	38.31
Nitre dans les poquets	7 925	15.850	3.22	7.56	7.56	8.27	11.09	12.09
Sel marin en nature dans les poquets	7 675	34.350	7.64	27.45	27.45	27.95	2.51	3.57
Sel marin à la surface	8 360	16.720	5.49	16.51	16.51	22.51	3.44	4.44
Cendres sulfureuses dans les poquets	21 060	42.120	1.27	6.08	8.64	10.28	8.72	9.72
— à la surface	23 375	46.750	2.03	6.69	6.69	6.69	13.95	14.94
Moyenne	12k628	26.522	4.47	12.97	13.38	14.36		

Déjà en 1864 nous avons essayé plusieurs de ces substances comme moyens préventifs contre la maladie des pommes de terre. Malheureusement ces expériences ne présentent pas autant de garanties que celles de cette année, parce qu'elles ont été faites sur les pommes de terre de la collection divisées par groupes. D'ailleurs cette année 1864 a été très-sèche, et la terre sur laquelle avait lieu

l'expérience présentait un coteau silico-calcaire à sous-sol perméable, avec une pente d'au moins 20 centimètres par mètre.

Le simple résumé de ces nombreuses expériences figure ici pour mémoire ou comme complément de la question. Car un système préventif n'a de valeur, à notre point de vue, qu'autant qu'il peut empêcher la maladie d'une variété qui serait attaquée dans les conditions ordinaires :

1° *Cendres.*

9 variétés expérimentées. . . . . 4 malades

2° *Poussier de charbon.*

14 variétés expérimentées. . . . . 7 —

3° *Cendrons de chaux.*

14 variétés expérimentées. . . . . 4 —

4° *Sciure de bois.*

12 variétés expérimentées. . . . . 7 —

5° *Sel marin.*

14 variétés expérimentées. . . . . 9 —

6° *Sulfate de cuivre, chaux et sel en dissolution.*

6 variétés expérimentées. . . . . 3 —

7° *Chaux éteinte dans les poquets.*

20 variétés expérimentées. . . . . 10 —

8° *Chaux à la surface.*

8 variétés expérimentées. . . . . 3 —

9° *Sel marin à la surface.*

14 variétés expérimentées. . . . . 8 —

10° *Fleur de soufre à la surface.*

17 variétés expérimentées . . . . 8 —

Total. 128 — Total. . 63

Sur 128 espèces expérimentées, 63 d'entre elles ont été plus ou moins atteintes de la maladie, et les autres n'ont dû leur préservation qu'à leur rusticité. D'ailleurs tous les groupes ont eu des tubercules atteints de l'affection.

SEMIS AUTOMNAL.

Le semis automnal ou très-printanier, préconisé d'abord par Lindley en Angleterre, et ensuite par MM. Vilmorin, Leroy-Mabile

et J. Châtel en France, n'a pas donné à l'Institut agricole des résultats très-satisfaisants. Cependant les tubercules ont été un peu plus précoces, plus gros que dans la grande culture, et moins attaqués de la maladie.

TABLEAU SYNOPTIQUE N° 8, INDIQUANT L'INFLUENCE DES CULTURES HATIVES SUR LA MARCHE DE LA MALADIE.

(La variété expérimentée est la Saucisse, année 1874.)

ÉPOQUE DE LA PLANTATION.	RENDEMENT de 20 poquets.	RENDEMENT à l'hectare.	Gâtées p. 100 au 1er novembre.	Gâtées p. 100 au 1er décembre.	Gâtées p. 100 au 1er janvier.	Gâtées p. 100 au 1er février.
2 janvier	23k 375	46 750	»	»	»	1.25
25 janvier	21 600	43 200	2.56	6.43	6.43	6.43
2 février	23 120	46 240	1.21	3.50	3.50	4.02
25 février	25 204	50 408	4.67	8.52	8.52	9.74
2 mars	20 320	40 640	3.86	7.32	7.32	7.32
25 mars	21 572	33 144	5.20	9.75	9.75	9.75
MOYENNE	22k 532	45k 064	2.91	5.92	5.92	6.42

Évidemment ce système est entaché de deux vices qui ne permettent la culture automnale que dans des circonstances exceptionnelles. Si l'on plante profondément, la racine pourrit; au contraire, elle gèle si la plantation est trop superficielle. Ces réflexions conformes à la raison ont trouvé, cette année, leur application dans l'expérience des pommes de terre plantées le 2 janvier; toutes ont été gelées, sauf quatre poquets.

Le système des CULTURES TARDIVES, comme moyen préventif, avait été essayé par nous aussi en 1864. Ce système avait pour défenseur M. Ponsard de la Marne. Il a eu les honneurs de la tribune sous l'Empire et la publicité du *Moniteur universel*, ce qui ne l'a pas empêché d'être une grosse absurdité, tout aussi bien que la fameuse découverte de la fécondation artificielle des céréales, par Hoïbrenk.

Trois séries d'expériences ont eu lieu simultanément, de quinze jours en quinze jours, dans des terres de composition diverse et parfaitement préparées, sur la pomme de terre la Renommée, peu rustique de sa nature.

Voici le rapport pour 100 des trois éléments principaux de ces terres :

N° 1	Sable fin.	42,4
	Argile.	6,3
	Carbonate de chaux.	41,6
N° 2	Silice..	56,50
	Carbonate et sulfate de chaux.	29,62
	Alumine et oxyde de fer.	6,10
N° 3	Silice..	73
	Carbonate et sulfate de chaux.	5,75
	Alumine et oxyde de fer.	7,50

Les numéros 1 et 2 sont considérés comme des sols excellents pour la pomme de terre; et cependant les résultats sont venus infirmer la théorie de la culture tardive.

TABLEAU SYNOPTIQUE N° 9, INDIQUANT L'INFLUENCE DE LA MALADIE SUR LES CULTURES TARDIVES.

ÉPOQUE DE LA PLANTATION.	RENDEMENT de 100 poquets.	RENDEMENT à l'hectare.	Gâtées p. 100 au 1er décembre.	Gâtées p. 100 au 1er janvier.	Gâtées p. 100 au 1er février.
	EXPÉRIENCE DE LA TERRE N° 1.				
1er avril	72k75	29.100k	4.95	5.62	6.55
1er mai	69 53	27.812	5.78	6 »	6.35
15 mai	67 »	26.800	10.15	11.19	12.57
1er juin	35 19	15.076	11.43	12.13	13.21
15 juin	29 16	11.666	16.50	16.99	17.89
1er juillet	3 68	1.473	37.03	39.24	40.11
	EXPÉRIENCE DE LA TERRE N° 2.				
1er mai	65 53	26.213	11.70	13.29	15.32
15 mai	32 66	13.066	12.75	16.85	20 »
1er juin	19 86	7.945	18·37	21.90	23.25
15 juin	8 »	3.200	24.16	27.63	29.16
1er juillet	3 33	1.333	72 »	76.54	78.42
	EXPÉRIENCE DE LA TERRE N° 3.				
1er mai	70 »	28.000	8.57	9.82	10.90
15 mai	48 17	19.266	11.68	12.55	13.02
1er juin	24 33	9.733	16.44	18 »	19.17
15 juin	4 »	1.600	25 »	39.34	45.83
1er juillet	»	»	»	»	»

Tels sont les matériaux que nous avons pu rassembler pour l'étude pratique des meilleures variétés de pommes de terre cultivées sous le rapport du produit, de la valeur alimentaire, de la valeur industrielle et de la rusticité.

Il nous reste, pour l'année prochaine, à contrôler de nouveau ces propriétés, et nous y ajouterons les questions qui suivent :

1° Analyse des variétés semées plus tôt ou plus tard;

2° Examen des produits dans des terrains de compositions diverses;

3° Influence des engrais sur la récolte, la matière solide ou alimentaire, la fécule, la rusticité, la densité, etc.;

4° Influence du sol sur l'époque de la maturité;

5° Influence des variations atmosphériques;

6° Influence des substances noires : suie, charbon, noir animal, pour hâter la maturation des tubercules;

7° Choix des tubercules, diverses grosseurs ou fractionnés;

8° Vérification de la loi des espacements formulée par M. Antoine, et tout d'abord par Knight, en Angleterre;

Espacées à.........	0,26;	0,32;	0,50;	0,65.
Produits représentés.	100;	64;	57;	48.

9° Variations de la fécule suivant les époques auxquelles on traite les racines.

Nous pensons ne pouvoir mieux terminer cet exposé qu'en citant les paroles suivantes empruntées à l'illustre Parmentier :

« L'art des subsistances doit être le premier objet, la plus sérieuse étude et l'occupation principale de l'homme, puisque son existence et celle des compagnons de ses travaux tiennent aux moyens de se nourrir; mais ce n'est pas assez de multiplier les ressources alimentaires, il faut encore que ces ressources ne préjudicient ni à la qualité du sol qui les donne, ni à la constitution physique des individus pour lesquels elles sont destinées. Or quelles plantes remplissent mieux ces conditions que les différentes variétés de pommes de terre, de betteraves, de carottes, de navets, etc.

» L'économie, mère de l'aisance, de la prospérité, a suffisamment appris que ces racines potagères méritent d'être placées, après les grains, au nombre des substances végétales les plus chargées de parties nourricières; elles renferment tous les principes essentiels au corps alimentaire; la plupart portent leur assaisonnement avec elles, et n'ont besoin que de la simple cuisson et de quelques grains de sel pour devenir un comestible salutaire; enfin, réunies plusieurs

ensemble, elles forment des potages que le suc de nos viandes peut à peine imiter.

» Mais les racines potagères, qui ne sont ordinairement pour les riches habitants des villes qu'un accessoire à la nourriture, un mets de plus sur leurs tables, deviennent d'une utilité bien plus importante dans les campagnes ; lorsque leur culture succède aux grains, dans l'année de jachère, elles sont la base de la subsistance journalière du ménage, fournissent, pour l'arrière-saison, un fourrage dont les animaux sont très-friands ; mêlées, pendant l'hiver, à leur pâture ordinaire, elles prolongent, par l'abondance de leurs sucs, les effets du vert toute l'année, et les conservent dans cet état de vigueur et d'embonpoint si nécessaire pour le renouvellement des espèces. D'où il résulte que cette saison est infiniment moins longue pour les bestiaux ainsi nourris, que pour ceux qui sont fatigués du régime sec ; et que le retour du printemps, après lequel ils semblent soupirer, leur est moins préjudiciable, sans compter le précieux avantage pour l'homme d'être assuré qu'il peut, dans tous les temps, partager l'aliment qui leur est destiné, faire rapporter le sol, chaque année, sans l'appauvrir, et recueillir constamment de belles moissons après l'une ou l'autre de ces racines potagères. »

Cette culture, ajoute-t-il, est d'une grande importance pour augmenter dans les campagnes la masse des subsistances, et améliorer la qualité du sol. On sait qu'à terrain égal, ce produit surpasse de beaucoup celui de tous les grains connus. D'ailleurs il ne faut envisager dans les racines potagères qu'un aliment local à consommer dans l'endroit où on les aura récoltées, sur lequel les accaparements n'auront jamais aucune prise, qui occasionnera un grand commerce de bétail, qu'on échangerait avec les autres denrées plus communes dans les provinces voisines ; enfin un moyen assuré de fumer abondamment les terres, et de doubler par conséquent les récoltes en tous genres.

Quand on veut être essentiellement utile aux habitants des campagnes, il ne suffit pas de leur dire une seule fois ce qu'on a vu, ce qu'on a fait, ce qu'il est nécessaire de faire ; il ne faut jamais se lasser de le leur répéter sous toutes les formes, et d'employer auprès d'eux l'exemple, cette leçon toujours plus persuasive que le meilleur traité.

Il termine par cette réflexion générale :

« C'est à la Société royale d'agriculture qu'il appartient de faire

sentir aux habitants des campagnes, que leur propre utilité, le bonheur de la patrie, la conservation des hommes, la multiplication des bestiaux, sont intéressés à l'entretien de la culture en grand des racines potagères, puisque la même quantité de terrain nourrira un plus grand nombre d'hommes et de bestiaux, d'où proviendra nécessairement une diminution sensible dans le prix de la viande de boucherie, sans renchérir celui du pain. Une subsistance plus abondante augmentera la constitution physique de nos villageois, l'espoir d'adoucir leur condition les déterminera à tirer tout le parti possible de leur vigueur, de leur industrie et de la richesse de leur sol; alors on ne les verra plus quitter les lieux qui les ont vus naître, pour se réfugier dans les villes, et se couvrir de la livrée chamarrée des laquais; les grandes populations, toujours redoutables pour les cités, deviendront une source d'opulence et de prospérité dans les campagnes; les maladies épidémiques et la disette n'y jetteront plus l'effroi; les animaux mieux nourris perfectionneront leurs races, et seront de plus facile défaite, et leur commerce entretiendra dans le pays une circulation d'argent qui répandra partout l'aisance et le bien-être. »

C'est bien dans cette voie indiquée par le grand propagateur de la pomme de terre que sont entrés nos comices et nos sociétés d'agriculture; et nous avons la confiance qu'elles acquerront encore de nouveaux droits à la reconnaissance publique.

Occupées sans cesse de l'amélioration des produits de la nature, elles ont la conviction qu'on ne doit jamais craindre de multiplier les expériences sur tous les objets qui sont du ressort de l'agriculture, parce que le moindre succès dans ces luttes pacifiques dédommage toujours abondamment des revers et des tentatives infructueuses.

Après avoir donné tous leurs soins aux productions céréales, à l'amélioration des terres et à la culture qui leur est propre;

Après avoir multiplié les essais sur les engrais et sur les matières qui sont susceptibles d'en former;

Après avoir indiqué les moyens de multiplier les pâturages et les troupeaux, les sociétés agricoles ont à étendre leur sollicitude sur le règne immense de la végétation des plantes.

Varier et augmenter les productions de la terre; développer de nouvelles ressources pour l'industrie et la subsistance des hommes, n'est-ce pas une noble mission?

Nous appelons à notre secours, pour nous aider dans nos modestes recherches, les lumières et les conseils de tous les hommes dévoués au bien public et à la prospérité de l'agriculteur.

(Extrait d'un Mémoire lu à la séance du 28 novembre 1788, de la Société centrale d'agriculture.)

NOTE SUR L'ÉPUISEMENT DU SOL PAR LES POMMIERS (1).

PAR

M. ISIDORE PIERRE

Doyen de la faculté des sciences, — Directeur de la section agronomique de Caen.

Tout le monde sait qu'un pommier ne réussit guère lorsqu'il occupe la place occupée avant lui par un autre pommier; la raison en est bien naturelle, car le premier ne laisse à son successeur qu'une terre épuisée.

Mais dans quelle mesure a lieu cet épuisement? C'est ce que nous allons essayer d'évaluer par des chiffres.

Trois parties du pommier profitent des éléments constitutifs du sol, et se nourrissent à ses dépens : 1° les feuilles, 2° les fruits, 3° le bois (tronc, branches, rameaux et racines).

En nous fondant sur l'importance capitale du rôle que jouent, dans la vie végétale, les combinaisons azotées, nous restreindrons ici notre examen et nos évaluations aux combinaisons de cette nature et nous ne ferons intervenir dans la discussion que les proportions numériques de l'azote contenu en combinaison dans les différentes parties que nous venons de spécifier.

Je n'ai pas besoin de déclarer d'avance que des évaluations du genre de celles dont nous allons faire usage ont nécessairement quelque chose de variable, suivant les circonstances; mais, avec un peu d'attention, chacun pourra faire aisément les rectifications que comporteront les conditions spéciales dans lesquelles il se placera, en tenant compte des données ci-après :

Nous admettrons, pour fixer les idées : 1° qu'un pommier pro-

(1) Note présentée en juin à la réunion de la société Linnéenne de Normandie et des sciences naturelles de Rouen à Bernay.

duise, bon an, mal an, à partir de l'âge de dix ans, 200 kilogrammes de pommes pendant cinquante ans, et 5 kilogrammes de feuilles *entièrement sèches* par an; 2° qu'au bout de ce temps, le bois *desséché* (tronc, branches, rameaux et racines) pèse 200 kilogrammes.

Les feuilles mûres, entièrement desséchées, dosent 15 grammes d'azote par kilogramme;

Les fruits dosent, à l'état frais, au moment de la cueillette, $2^{gr.}125$ par kilogramme;

Le bois desséché dose, en moyenne, 5 grammes d'azote par kilogramme.

L'azote total assimilé représente donc un chiffre de $3^{k.}750 + 21^{k.}250 + 1^{k.} = 26$ kilogrammes.

Si l'on veut bien se rappeler maintenant que le fumier de ferme dose, en moyenne, 5 grammes d'azote par kilogr., l'emprunt fait au sol, dans les conditions que nous venons d'admettre, correspondrait à 5 200 kilogr. de fumier frais de bonne qualité, chiffre presque fabuleux, quand on songe qu'il s'agit d'un seul pommier; chiffre qui correspond à l'équivalent de plus de 100 kilogr. de fumier par an.

N'oublions pas que les animaux paissant dans les herbages déposent sous ces arbres une certaine quantité d'engrais, qu'il y tombe toujours un petit nombre de feuilles, que les eaux pluviales y apportent également, sous la forme de nitrates et de composés ammoniacaux, une petite quantité de substances azotées; enfin, qu'il parvient aux pommiers, par infiltration des matières fertilisantes situées en dehors de leur périmètre, une petite quantité de ces substances azotées qui nous occupent.

Admettons, en attribuant à toutes les sources de ce genre une part que je crois exagérée, que cette part s'élève au quart de la totalité, il n'en resterait pas moins très-probable que, dans les conditions précédemment admises, la fertilité primitive du sol ne pourrait être entretenue que par l'apport annuel d'environ 80 kilogr. de fumier. Combien pourrait-on citer de propriétaires ou de fermiers poussant jusque-là leur générosité?

Avant de soumettre à une critique sévère les résultats qui précèdent, avant de les taxer d'exagération, qu'on veuille bien se reporter aux résultats que nous avons obtenus, il y a treize ans, avec M. Berjot, par l'examen d'une partie bien minime des produits du pommier : il s'agit des pepins. M. Berjot estime, par des expériences qui lui sont personnelles, que, dans les conditions précédemment

admises, un pommier produit annuellement 750 grammes de pepins, dans lesquels j'ai trouvé 35 grammes d'azote en combinaison, équivalant à 7 kilogrammes de fumier par an, plus qu'on n'en met habituellement pour remplacer le prélèvement de la récolte entière.

La proportion de phosphates contenue dans les pepins correspondrait à une quantité de fumier notablement plus considérable encore.

En résumé : il résulte de la discussion à laquelle nous venons de nous livrer, qu'un arbre fruitier ne peut prospérer qu'à la condition de recevoir, pendant la durée de son existence, et sous la forme la mieux appropriée à ses besoins, une quantité assez considérable d'engrais, beaucoup plus considérable qu'on ne le croit généralement; autrement il devra nécessairement dépérir progressivement et hâtivement, et laisser une place épuisée à laquelle on ne pourra restituer sa valeur productive initiale qu'au prix de sacrifices considérables.

STATION AGRONOMIQUE DE GRIGNON.

CONSTITUTION GÉOLOGIQUE DU DOMAINE DE GRIGNON.

PAR

M. A. POURIAU,

Docteur ès-sciences, professeurs à l'École de Grignon.

Les terres qui composent l'ancien domaine de Grignon appartiennent à trois formations géologiques distinctes, savoir :

1° *Le diluvium des Plateaux;*
2° *L'Étage inférieur du terrain tertiaire* (Éocène).
3° *L'Étage supérieur du terrain crétacé.*

Il suffit de jeter les yeux sur la carte géologique annexée au présent fascicule pour se rendre compte de l'étendue relative de ces diverses formations et constater que la portion du domaine qui constitue l'école actuelle (Ferme intérieure) est presque entièrement formée par la craie. Avant d'étudier en détail chacune de ces formations, nous allons indiquer quelques altitudes se rapportant à divers points du domaine et propres à donner une idée exacte de sa topographie :

Diluvium des plateaux, point culminant	131m
Pièce de la carrière, au coin du mur en F	118
Terrasse de l'observatoire	84
Fond de la vallée, à l'extrémité Est du champ d'expériences, en A.	73
A la source du maréchal Bessière en C	90, 4
A l'entrée de l'allée de la Laverie	69, 0

I. **Diluvium des Plateaux.** — Le diluvium des Plateaux est un dépôt formé par les eaux qui, à une certaine époque, ont entamé l'Éocène et donné naissance à une série de petites vallées d'érosion, notamment à celle dont le domaine de l'École de Grignon fait partie.

Le percement d'un puits effectué en 1867, dans la pièce de l'Orme chez M. Maisonhaute, nous a permis de recueillir sur la puissance de ce dépôt et celle du calcaire grossier sur lequel il repose, des renseignements précis qui ont fait l'objet d'un travail publié à cette époque dans les Annales du Génie civil et auquel nous emprunterons quelques chiffres. Au point où le puits a été percé et dont l'altitude est sensiblement de 130 mètres, le diluvium a présenté une épaisseur de 2m70 répartie en 3 couches distinctes, savoir :

Terre arable	0m92
Sous-sol actif	1 15
Sous-sol graveleux	0 63
	2m70

100 parties de la première couche séchée au soleil, et soumises au lavage sur une passoire dont les trous avaient à peine 1 millim. de diamètre, n'ont donné que 2 pour 100 de résidu sur la passoire, ce qui démontre combien sont ténus les éléments constitutifs de cette terre diluvienne.

D'autre part, le dosage du calcaire dans ces trois couches a fourni les résultats suivants :

Sol	0m85
Sous-sol actif	0 68
— graveleux	30 42

Plusieurs fois, les labours profonds dans cette terre diluvienne ont ramené à la surface du sol de belles haches en silex appartenant à l'Age de pierre.

II. **Terrain tertiaire inférieure.** — L'Éocène est représenté à Grignon par le calcaire grossier et l'argile plastique.

Calcaire grossier. — Ce dépôt qui porte le chiffre 3 sur le plan géologique présente une large bande s'étendant de l'ouest à l'est, au nord et au sud du domaine; le hameau de Grignon tout entier

repose sur ce dépôt qui constitue également le sol et le sous-sol des pièces dites de la Carrière, de la Défonce, des Noyers, etc.

Le puits creusé dans la pièce dite l'Orme a traversé le diluvium et le calcaire grossier et a permis d'étudier avec le plus grand soin les diverses couches dont ce dernier dépôt est formé.

Le puits en question a actuellement 35^{m}50 de profondeur, il est alimenté par une nappe d'eau de 1^{m}50 d'épaisseur, filtrant à travers les sables chlorités qui reposent eux-mêmes sur l'argile plastique.

Lors du percement de ce puits, en 1867, nous avons recueilli des échantillons de soixante-quinze couches différentes offrant des épaisseurs très-variables et pouvant être classées comme il suit :

Assise supérieure, de la quatrième à la trentième couche. Puissance 10 mètres.	Alternance de calcaires, marnes et sables calcaires.
Assise moyenne, de la trente et unième à la cinquante-quatrième couche. Puissance 12 mètres.	Alternance de calcaires et de sables coquilliers.
Assise inférieure, de la cinquante-cinquième à la soixante-quinzième couche. Puissance 10^{m}50.	Alternance de calcaires et de sables chlorités.

Outre quelques couches calcaires exploitées pour mœllons, l'assise supérieure renferme, à 12^{m} de profondeur environ, un banc de 70 à 75^{m} d'épaisseur et que les carriers désignent sous le nom de *Banc du Diable*, à cause de sa grande dureté; ce calcaire presque compacte contient en petites quantités les fossiles les plus caractéristiques de l'assise supérieure du calcaire grossier proprement dit, tels que *Cérites* et *Lucines* des pierres.

Nous citerons encore, parmi les fossiles les plus abondants de cet étage.

Cerithium denticulatum, *C. cristatum*, *natica mutabilis*, *murex calcitrapa*, *pleurotoma filosa*, etc.

Dans l'assise moyenne, les sables coquilliers formés d'environ 21 pour 100 de sable, 76 pour 100 de carbonate de chaux sont connus de tous les géologues sous le nom de *Faluns* de Grignon. On y a trouvé près de 800 espèces de coquilles d'une conservation remarquable et qui ont été étudiées principalement par le savant paléontologiste Deshayes.

Dans le parc de Grignon ces Faluns offrent une puissance encore plus considérable que sur le plateau, aussi a-t-on utilisé cette couche en y pratiquant un certain nombre de silos. Cette assise moyenne renferme quelques bancs calcaires exploités pour la construction,

notamment *le Banc Fin*, *le calcaire à Lucines de Ménard*, celui à *Miliolites*, et enfin le *Banc vert*, dans lequel on voit apparaître les premières traces de *chlorite*, silicate qui communique à presque tous les matériaux de l'assise inférieure une coloration verte plus ou moins prononcée.

Les fossiles caractéristiques de cette assise sont :

Cardium aviculare, *C. porulosum*, *terebellum convolutum*, *fusus rugosus*, *lucina mutabilis*, *calyptrea trochyformis*, etc.

Dans l'assise inférieure, les sables chlorités renferment, en moyenne, 35 pour 100 de sable mêlé à un peu d'argile et 52 pour 100 de carbonate de chaux, ce sont encore des Faluns qui ne diffèrent de ceux de l'assise moyenne que par la présence de la chlorite; quant aux couches calcaires, la puissance de la plus épaisse ne dépasse pas 1 mètre.

Parmi les fossiles de cette assise, nous citerons : *voluta Cithara*, *trochus agglutinans*, *venericardia planicosta*, *venericardia imbricata*, *corbula gallica*, *petunculus pulvinatus*, *crassatella tumida* etc., et enfin, *cerithium giganteum* (le cérite géant), mollusque gastéropode dont la longueur dépasse quelquefois $0^{m},70$.

Avant de passer à l'argile plastique nous signalons deux autres formations qui se montrent sur quelques points élevés du domaine; ce sont :

1° Le calcaire siliceux ou caillasse.

2° Le calcaire lacustre.

Le *calcaire siliceux*, dont les affleurements portent le n° 4 sur la carte géologique, est blanc jaunâtre, à texture très-fine et peut être considéré comme représentant la partie supérieure du calcaire grossier.

Calcaire lacustre (travertin inférieur). — Sur un certain nombre d'autres points du domaine le calcaire grossier se trouve recouvert par un calcaire lacustre, à texture parfaitement homogène et qui renferme souvent des dendrites de manganèse, ainsi que des *paludines*.

Ce dépôt, qui porte sur notre carte géologique le n° 5, s'observe au-dessus des pièces de la Défonce et de la Carrière. Dans le forage du puits cité plus haut, nous avons constaté de la cinquième à la trentième couche (cette dernière précédant le banc du Diable) une alternance de lits calcaires et marneux, les premiers composés de débris appelés *gravois* par les carriers et offrant tous les caractères du calcaire lacustre en question. Dans la commune de Davron, on exploite ce cal-

caire pour la fabrication d'une pierre à chaux d'excellente qualité.

Argile plastique. — L'argile plastique sur laquelle reposent les sables chlorités est la couche qui retient les eaux pluviales ayant filtré à travers les calcaires et les faluns du calcaire grossier.

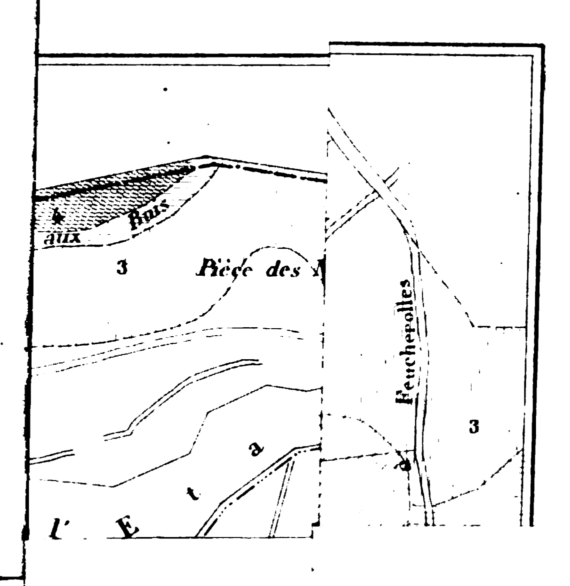
La nappe d'eau qui coule sur cette argile donne naissance à des sources en divers points du domaine, notamment en C (source du maréchal); en 2 (source de la Laverie), c'est elle qui alimente les bains de l'école, les abreuvoirs de la cour de ferme, etc.

Le plan géologique du domaine indique les points où l'argile plastique (couche n° 2) affleure le sol ou s'en trouve le plus rapprochée, car en beaucoup d'endroits cette couche argileuse est recouverte et même remplacée par un dépôt plus ou moins épais que de récentes recherches faites avec M. Maquenne nous ont démontré être d'origine diluvienne. Le champ d'expériences annexé à la station agronomique de Grignon est situé à l'extrémité est de l'étang et séparé du rû de Gally qui alimente ce dernier par un fossé de 2 mètres de profondeur sur 3 mètres de largeur. Ce fossé récemment ouvert offre des parois que la végétation spontanée n'a pas encore envahies et sur lesquelles il est facile d'étudier la nature des couches qui constituent le sol et le sous-sol du champ d'expériences. Le sol, dont la couleur foncée tranche nettement sur celle du sous-sol, offre une épaisseur qui varie de 50 cent. à 1 mètre en allant de l'est à l'ouest, il repose sur une couche blanche grisâtre renfermant des couches de silex en plaques.

Or, c'est l'examen de ces couches qui nous a conduits à reconnaître que dans le fond de la vallée l'argile plastique, au lieu de se continuer de façon à venir reposer directement sur la craie, se trouvait subitement interrompue et remplacée par un dépôt diluvien qui constitue le sol et le sous-sol du champ d'expériences.

Dans le but de déterminer suivant quelle étendue avait lieu l'interruption, des sondages et des tranchées ont été effectuées sous la direction de M. Maquenne et avec le concours de quelques-uns de nos élèves.

La première ligne d'opérations ayant été choisie perpendiculairement au rû de Gally, des sondages ont été effectués en 4 points, G, H, E, D; de l'autre côté du rû, deux autres sondages ont eu lieu en C et B; l'ensemble de ces diverses opérations a fourni les résultats suivants :


aux
Bois
3
Pièce des
Feuchepolles
3

Sondages.	Altitudes.	Puissance des couches traversées.	
G.	86m10	Terre arable	1m
		Calcaires et sables chlorités	2 20
		Nappe d'eau	
H.	84 30	Terre arable	1
		Argile plastique reconnue sur une épaisseur de	2 50
E.	83	Terre arable	0 75
		Argile plastique grise reconnue sur une épaisseur de	3 50
D.	79 71	Terre arable	0 70
		Gravier silico-argileux	3 60
		Craie blanche	
C.	90 40	Terre arable	0 50
		Argile plastique marbrée	2
		Craie blanche	
P.	84 05	Terre arable	0 60
		Argile marbrée	1 40
		Craie blanche	

Les résultats qui précèdent font voir qu'à une altitude comprise entre 70 et 80 mètres, la couche d'argile plastique se trouve interrompue et remplacée par un dépôt *silico-argileux* mélangé de petits cailloux roulés, qui repose directement sur la craie. Or nous pensons que cette substitution remonte à l'époque diluvienne, et que les eaux qui ont donné naissance au dépôt désigné sous le nom de *diluvium des plateaux*, sont aussi celles qui ont opéré ce phénomène de substitution.

Il n'est pas douteux en effet que ce sont ces eaux diluviennes qui, en entraînant plus ou moins profondément le dépôt éocène, ont creusé cette série de vallées d'érosion que l'on observe à Grignon et aux alentours. Dans ce bouleversement, l'argile plastique a été délayée, entraînée, et la craie mise à nu dans le fond de la vallée; mais une fois ces petits bassins formés et remplis d'eau, les matières terreuses tenues en suspension ont dû former sur la craie un dépôt, dont les éléments constituants appartiennent à la fois au diluvium des plateaux, à la partie inférieure de l'éocène et même à la craie. Si ce raisonnement est fondé, le diluvium qui repose sur la craie doit renfermer plus d'argile, de calcaire et d'éléments fins que celui des plateaux; c'est ce que les analyses effectuées par M. Maquenne démontrent d'une manière évidente, notre habile répétiteur ayant trouvé pour ces deux dépôts :

	Diluvium des plateaux.	Diluvium de la craie.
Argile	25m	35m20
Gros sable	42 47	10 75
Sable fin	24 82	40 70
Calcaire	1 02	3 65
Matières organiques	6 69	9 70

Ces analyses ont porté sur des échantillons de terre passés au tamis numéro 10, et l'argile a été séparée du sable, dans la partie fine, en suivant la méthode indiquée par M. Schlœsing.

Au premier abord, on aurait pu penser que ce dépôt *silico-argileux* servait lui-même de base à l'argile plastique sur toute l'étendue du domaine et précédait partout la craie, mais le sondage D (altitude 79^{m},71) a fait voir que ce dépôt silico-argileux reposait directement sur la craie, tandis qu'en B (altitude 84^{m}) l'argile plastique précédait immédiatement la craie sans interposition de couche silico-argileuse.

En outre, dans le fossé qui longe le champ d'expériences, cette couche silico-argileuse qui constitue le sol du champ se présente mélangée à des silex en plaques empruntés évidemment au terrain crétacé.

En comparant l'altitude du fond du puits chez M. Maisonhaute à celle des points où affleure l'argile plastique dans le parc de Grignon, on voit immédiatement que ce dépôt argileux sert de base aux dernières couches du calcaire grossier, partout où celles-ci n'ont pas été délayées et entraînées par les eaux diluviennes; on a, en effet :

Altitude de l'orifice du puits dans la pièce de l'Orme	130^{m}21
Profondeur du puits	35 50
Altitude du fond du puits	94 71
Altitude de l'argile à la source du maréchal	90 40
Différence	4 31

d'où il résulte que, pour rencontrer l'argile plastique au fond d'un puits, il suffirait de le creuser d'environ 4 mètres, à moins cependant que cette couche argileuse ne présente certaines ondulations, comme cela semble résulter des sondages effectués en H et en C. En H, en effet, l'altitude de la couche d'argile plastique a été trouvée égale à 84^{m},30, tandis que, de l'autre côté de l'étang, en C, l'altitude de la même couche est de 90^{m},40.

III. **Terrain crétacé supérieur.** — La formation crétacée est caractérisée à Grignon par la craie blanche avec silex, parmi lesquels on rencontre un grand nombre d'oursins silicifiés (*ananchites ovatus*), et dont quelques-uns atteignent la grosseur du poing.

Ce dépôt (numéro 1 sur le plan géologique) occupe, comme nous l'avons dit déjà, la plus grande partie du domaine entouré de murs; la cuvette de l'étang a donc été creusée dans la craie. Aussi a-t-il été

nécessaire, pour la rendre propre à retenir l'eau, de damer sur le fond une épaisse couche d'argile, que l'on a soin de respecter aux époques de curage. Nous avons cherché à plusieurs reprises, dans les bancs de craie du domaine, la belemnite caractéristique de cet étage (*Belemnites mucronatus*), mais toujours sans succès.

Quand on descend du plateau de Grignon par le chemin qui mène aux Petits-prés, on voit sur les berges de la route et un peu avant d'arriver au pont du chemin de fer, le terrain crétacé supérieur qui apparaît. Or, il y a quelques années, à l'endroit où se trouvent actuellement deux auberges près de la gare de Grignon-Plaisir, on a pratiqué des tranchées dans la craie pour y asseoir les fondations de ces deux maisons; profitant de cette circonstance, nous avons conduit une vingtaine de nos élèves sur les lieux et cherché avec eux cette même belemnite. Dans l'espace de deux heures, nous avons recueilli deux fragments seulement de ce fossile; ce qui prouve que celui-ci peut être considéré comme rare dans le terrain crétacé supérieur de Grignon et de ses environs.

ANALYSE DU SOL DU CHAMP D'EXPÉRIENCES DE GRIGNON

PAR

M. MAQUENNE

Licencié ès sciences, Répétiteur de sciences physiques à l'École de Grignon.

Le champ d'expériences de la station agricole de Grignon a été tracé au mois de février 1875 dans une pièce qui était en luzerne depuis plusieurs années, et sur laquelle on n'avait pas mis d'engrais depuis dix ans.

Il nous a été facile de constater l'épaisseur variable que présente la couche arable, car il existe un canal de déversement des eaux du ru de Gally parallèle au champ d'expériences; l'épaisseur de la la couche arable est donc beaucoup moindre que celle de la pièce des vingt-six arpents, où l'on a pu creuser jusqu'à $1^{m},80$ sans rencontrer le sous-sol calcaire (1).

(1) Voyez pour l'analyse du sol des 26 arpents, Dehérai , *Chimie agricole*, page 313.

On a pris un échantillon moyen de terre à la surface, à une profondeur de 50 centimètres et à la profondeur de 1 mètre où le sol repose sur la craie.

On a d'abord procédé à l'analyse physique en séparant l'argile par la méthode de Schlœsing, le calcaire a été dosé sur la terre arable elle-même en attaquant par l'acide chlorhydrique, précipitant par l'ammoniaque, reprenant par l'acide acétique et précipitant à chaud par l'oxalate d'ammoniaque; on a ainsi trouvé les nombres suivants :

Analyse physique du sol du champ d'expériences

Un kilogramme renferme :

	Terre de la surface.	Terre à 0m50 de profondeur.	Terre à 1 mètre de profondeur.
Argile.................	352	273	82
Gros sable.............	107 5	216	450
Sable fin..............	407	417	315
Calcaire...............	36 5	50	124
Eau combinée et matières organiques...........	97	44	19

On voit que la surface est beaucoup plus riche en argile que la partie qui repose sur le calcaire; la quantité trouvée a même paru si considérable qu'on a refait un second dosage qui a donné un nombre très-voisin du premier; en revanche le calcaire est d'autant plus abondant que la terre est prise plus profondément dans le voisinage de la craie sur laquelle elle repose.

L'analyse chimique a été exécutée par les méthodes données par M. Boussingault, sauf l'acide phosphorique, qui a été dosé par le procédé de M. de Gasparin; nous avons dejà donné dans ce recueil (page 30, 1er fascicule) le détail de ce procédé et nous n'y reviendrons pas.

On a dosé dans un kilogramme de terre séchée à l'air :

	Terre de la surface.	Terre à 0m50 de profondeur.	Terre à 1 mètre de profondeur.
Azote total..........	2gr04	2gr0	0gr5
Azote ammoniacal...	0 10	0 10	0 04
Azote à l'état d'acide nitrique......	0 08	0 05	0 000
Carbone combiné....	12 33	7 99	4 65
Acide phosphorique..	5 1	2 3	0 2

Cette terre est riche en azote combiné; le sol des vingt-six ar-

pents renferme également $2^{gr}06$ d'azote combiné à la surface; mais à la profondeur d'un mètre il renferme encore $1^{gr}06$, tandis que la terre du champ d'expériences n'en présente plus que $0^{gr}5$. La terre des vingt-six arpents, qui est très-fertile, présente au moment des analyses des quantités d'ammoniaque et d'acide nitrique plus fortes que celles qu'on trouve dans le champ d'expériences. Le carbone combiné était aussi plus fort : 16^{gr} à la surface au lieu de 12; mais la quantité d'acide phosphorique contenue dans le champ d'expériences est en revanche beaucoup plus considérable; M. Dehérain estime, au reste, que le nombre qu'il a donné est peut-être un peu faible. En effet, au moment où l'analyse du sol des vingt-six arpents a été faite (1866), on n'avait pas à sa disposition des moyens aussi précis que ceux qu'on emploie aujourd'hui pour exécuter le dosage difficile de l'acide phosphorique contenu dans la terre arable.

RECHERCHES SUR L'AMMONIAQUE CONTENUE DANS LES EAUX MARINES ET DANS CELLES DES MARAIS SALANTS DU VOISINAGE DE MONTPELLIER (1)

PAR

M. A. AUDOYNAUD,

Professeur à l'École d'Agriculture de Montpellier.

Les plantes et les animaux qui couvrent le globe empruntent aux milieux qui les entourent les matières azotées nécessaires à leur développement; après la mort ces matières azotées retournent dans les milieux qui les ont fournis pour revenir encore à l'organisme vivant; elles accomplissent ainsi un cycle continu. Mais sur les conditions et la durée de ce retour il y a des opinions très-diverses.

Dans quelques mémoires de date assez récente, on paraît avoir démontré que les corps organisés, par leur destruction plus ou moins lente, ne restituent pas au sol sous forme assimilable tout l'azote qu'ils renferment; une partie de cet azote pendant la décomposition du corps reprend la forme gazeuse et retourne à l'atmosphère. D'une autre part, les sels ammoniacaux et les nitrates

(1) Je dois remercier de leur bienveillant concours M. Garat, directeur des Douanes, pour son autorisation à prendre les eaux salées partout où je le jugerais convenable, et mon collègue C. Saintpierre, qui m'a facilité l'accès des salines de Frontignan.

formés dans la décomposition des matières organiques sont en grande partie dissous par les eaux qui circulent à la surface des terres et sont emportés en quantité immense dans les mers et les océans (1).

Comme la somme des éléments organiques vivants et azotés ne paraît pas diminuer à la surface du globe, il faut évidemment admettre qu'il existe des causes puissantes de restitution de matière azotée.

On avait admis jusqu'à ces dernières années la formation sur place de composés nitrés; l'azote de l'air intervenait dans les combustions vives et lentes; il pénétrait dans le sol et contractait avec les substances hydrocarbonées qui s'y trouvent des combinaisons particulières. Aujourd'hui quelques chimistes ont révoqué en doute la production de ces matières organiques azotées, empruntant leur azote à l'atmosphère, et si l'on admet leur opinion, il ne resterait comme agents généraux de restitution d'azote assimilable au sol que l'électricité atmosphérique, l'action de l'atmosphère sur les roches qui sont toutes plus ou moins chargées de matière azotée (2), et enfin, d'après M. Schlœsing, les eaux de la mer; celles-ci exhaleraient d'une manière continue du carbonate d'ammoniaque qui entraîné par les courants aériens reviendrait à la terre et aux plantes.

C'est pour élucider cette dernière question que j'ai commencé quelques recherches sur les eaux de la mer et des marais salants, et que j'ai cherché à reconnaître 1° si la mer intervient dans la restitution de l'azote assimilable, et 2° dans quelles limites elle contribue à cette restitution? Je me suis d'abord proposé de doser l'ammoniaque dans les eaux marines de Palavas (près Montpellier) et dans les marais salants du voisinage; j'ai recherché surtout si cette ammoniaque était à l'état de sels fixes ou de sels volatils.

Les difficultés de plus d'un genre que présentent de telles études m'engagent à donner quelques détails sur les appareils dont j'ai fait usage, sur la méthode que j'ai suivie; et je crois utile d'y joindre quelques observations faites pendant le cours de ces expériences.

(1) M. Boussingault estime à près de 6 millions de kilogrammes le poids d'ammoniaque apportée en une année par le Rhin aux eaux de la mer.

(2) Un kilogr. de granite blanc des Vosges contient................. 0gr15 d'azote
— de basalte noir de la Haute-Loire....................... 0 07 —
— de calcaire, en moyenne............................ 0 10 —
— de marne et argile, en moyenne....................... 0 30 —
Delesse.

Pour l'extraction et le dosage de l'ammoniaque je ne pouvais mieux faire que de suivre la méthode employée par M. Boussingault dans l'analyse des eaux météoriques et des eaux douces (1).

Mon appareil se composait d'un ballon de deux litres de capacité; on y adaptait un bouchon percé de deux trous, l'un muni d'un tube droit, l'autre portant un long tube deux fois coudé à branche médiane longue de cinquante centimètres et très-inclinée du côté du ballon; ce tube était relié à un serpentin de verre auquel j'ai souvent substitué un serpentin en étain qui m'était beaucoup plus commode. Pour les secondes distillations l'appareil était le même; mais souvent j'ai supprimé le serpentin et fait arriver l'extrémité du tube conducteur directement dans la liqueur acide titrée.

La liqueur acide titrée était l'acide oxalique dilué; 10 c. m. cubes répondaient à 1,7 milligrammes d'ammoniaque. La liqueur alcaline était une faible solution de potasse, saturée de sulfate de potasse pour la rendre plus dense; on la vérifiait à chaque nouvelle série d'épreuves; 15 à 20 c. m. cubes suffisaient pour saturer les 10 c. m. cubes de la liqueur oxalique.

J'ai voulu d'abord me rendre compte du degré d'exactitude de la méthode que j'allais suivre. A cet effet, j'ai dissous dans l'eau ordinaire de l'école d'agriculture (eau qui vient de l'aqueduc et alimente la ville de Montpellier) un poids de sulfate d'ammoniaque pur tel qu'un litre de liquide contenait $0^{gr},5$ de sulfate ou $0^{gr},12878$... d'ammoniaque. Je prenais alors 10 c. m. cubes de ce liquide, j'y ajoutais de l'eau ordinaire pour parfaire le volume d'un litre et enfin une quantité convenable d'une forte solution de potasse ou de soude. En distillant et recueillant 200 c. m. cubes dans 10 c. m. cubes de la liqueur acide, un essai alcalimétrique me donnait l'ammoniaque distillée.

Au lieu d'obtenir $1^{mmgr},287$ d'ammoniaque, poids théorique, j'obtenais toujours un poids beaucoup plus fort, atteignant et même dépassant $1^{mmgr},4$. J'attribuai alors cette différence à l'eau employée, car en reprenant l'expérience avec de l'eau distillée ayant bouillie je trouvais $1^{mmgr}, 26$ et $1^{mmgr},25$, en d'autres termes des poids toujours plus faibles.

J'examinai alors l'eau ordinaire dont je m'étais servi et distillant avec la soude ou la potasse je trouvai par litre $0^{mmgr},16$ à $0^{mmgr},18$

(1) Voir Boussingault, *Agronomie*, t. II, 1861.

d'ammoniaque. Ainsi l'eau de notre école et par conséquent celle de l'aqueduc de Montpellier peut fournir cette quantité d'ammoniaque. Mais comme les alcalis énergiques, soude ou potasse, attaquent les matières organiques, je traitai la même eau par la magnésie et je n'obtins aucune trace d'ammoniaque, ce qui pouvait provenir soit de l'acide carbonique non fixé par cette base (il n'y avait pas de deuxième distillation), soit à la présence de matières organiques azotées non décomposées par la magnésie. Enfin reprenant l'expérience avec l'eau d'épreuve, contenant par litre théoriquement $1^{mmgr},287$ d'ammoniaque, je retrouvai avec la magnésie $1^{mmgr},26$, nombre déjà obtenu avec l'eau distillée.

Je pus conclure de ces expériences préliminaires : 1° que l'erreur que je pouvais commettre atteignait à peine 0,03 de milligramme; 2° que l'eau de l'école sous une forme ou sous une autre contenait une matière azotée capable de fournir par décomposition $0^{mmgr},16$, à $0^{mmgr},18$ d'ammoniaque.

Dans le cours de ses expériences préliminaires et de celles qui vont suivre j'ai fait quelques observations que je crois utile de signaler dès maintenant.

Au commencement de mes recherches, pour me mettre à l'abri des matières organiques, j'employais la magnésie de préférence à la potasse pour chasser l'ammoniaque des sels ammoniacaux. Avec la potasse je n'avais jamais besoin de deux distillations; avec la magnésie elles étaient indispensables, car j'avais toujours de l'acide carbonique ajoutant son acidité à la liqueur acide titrée (le carbonate de magnésie formé dans le liquide se détruisant par l'ébullition). Mais l'écart constaté entre les résultats obtenus suivant qu'on faisait usage de l'un ou de l'autre de ces alcalis était si considérable, que j'en vins à douter que les eaux renfermassent une quantité de matières organiques, susceptibles de donner de l'ammoniaque en aussi grande abondance. On jugera de ces différences par les expériences suivantes :

Première expérience. — Eau de mer prise le 26 juin. — Une première opération faite le 28 sans alcali (c'est-à-dire sans potasse ni magnésie) ne donnait aucune trace d'ammoniaque. Le 29 juin, un litre de cette eau traitée par la magnésie perdait par distillation 200 c. m. cubes, lesquels mis ensuite dans le second appareil donnaient :

$0^{mmgr}56$ d'ammoniaque.

Sur le résidu du premier ballon je mis de la potasse et 200 c. m. cubes d'eau distillée et distillant de nouveau j'obtins :

$0^{mmgr}71$,

ainsi cette eau contenait donc $1^{mmgr},27$ d'ammoniaque et la magnésie n'en avait pas dégagé la moitié. Faut-il admettre que les $0^{mmgr},71$ d'ammoniaque proviennent des matières organiques du liquide?

2e expérience. — Eau prise le 6 juillet sur une des tables des salines de Frontignan. — Cette eau, à peine colorée, marquait 21° à l'aréomètre Baumé. — Le 9 juillet, traitée par la magnésie, elle ne donnait aucune trace d'ammoniaque. — Le 16 juillet, c'est-à-dire dix jours après son enlèvement, traitée par la potasse, cette eau fournissait :

$0^{mmgr}97$ d'ammoniaque par litre.

Est-on encore obligé d'admettre que les matières organiques aient pu produire une aussi forte proportion d'ammoniaque?

3e expérience. — Je fis une seconde prise d'eau au même endroit, le 28 juillet, sur la même table salante; cette eau colorée en rose tendre marquait 25° à l'aréomètre. — Le 30 juillet, 600 c. m. cubes de cette eau furent distillés sans alcali dans le premier appareil; je ne pus recueillir que 1/6 du liquide, c'est-à-dire 90 c. m. cubes, à cause des soubresauts violents produits par les matières salines qui se déposaient; ces 90 c. m. cubes mis dans le second appareil avec 3 gr. de potasse donnèrent :

$0^{mmgr}35$ d'ammoniaque par litre.

Au résidu de la première distillation, j'ajoutais 100 gr. d'eau distillée et 5 gr. de magnésie; je pus recueillir 100 c. m. cubes qui, mis dans le second appareil avec la potasse, donnèrent en ramenant au litre :

$0^{mmgr}13$ d'ammoniaque.

Enfin, sur le résidu de cette deuxième opération, j'ajoutais de la potasse et 100 c. m. cubes d'eau distillée, et je trouvais encore par litre :

$0^{mmgr}08$ d'ammoniaque.

Ces résultats n'étaient pas aussi affirmatifs que les précédents, n'ayant pu recueillir à chaque distillation que 1/6 du liquide total; aussi je voulus reprendre l'expérience sur un liquide moins chargé de matières salines.



4e expérience. — Eau de l'étang d'Ingril qui alimente la saline de Frontignan, prise le 28 juillet. — Cette eau était très-limpide et marquait 4° à l'aréomètre. — Le 31 juillet, c'est-à-dire trois jours après, 600 c. m. cubes sont distillés sans alcali dans le premier appareil; 200 c. m. cubes, ou 1/3 du liquide, sont recueillis; ces 200 c. m. cubes introduits dans le second appareil avec potasse, donnent à la distillation 100 c. m. cubes qui sont recueillis dans la liqueur acide titrée, on n'obtient pas traces d'ammoniaque.

Sur le résidu du premier ballon, j'ajoutais 5 gr. de magnésie et 200 c. m. cubes d'eau distillee, et je répétais toutes les opérations précédentes. J'obtins, en ramenant au litre :

$0^{mmgr}25$ d'ammoniaque.

Sur le second résidu du premier ballon, j'ajoutais de la potasse et 200 c. m. cubes d'eau distillée; je répétais encore les mêmes opérations, et je trouvais par litre :

$0^{mmgr}38$ d'ammoniaque,

Ces $0^{mmgr},38$ d'ammoniaque avaient donc échappé à l'action de la magnésie, et je pouvais conclure qu'il y avait dans un litre de l'eau mise en expérience :

$0^{mmgr}63$ d'ammoniaque.

à l'état de sels fixes ou de matières organiques.

Comme vérification, je traitai par la potasse un litre de la même eau et j'obtins

$0^{mmgr}70$,

c'est-à-dire un poids égal au précédent, si on tient compte des erreurs presque inévitables dans de semblables dosages.

Comme on le voit, la conclusion à tirer est difficile. Ces expériences en appellent de nouvelles dont je m'occupe en ce moment.

Dans le cours de mes essais, j'ai encore remarqué le fait suivant : le principe rouge du tournesol a plus d'affinité pour la chaux que n'en a l'acide carbonique très-dilué.

L'eau de l'École est très-calcaire et très-chargée d'acide carbonique; en en versant sur du tournesol rougi par l'acide oxalique, la coloration bleue reparaît avec une nuance de ton très-remarquable.

J'ai obtenu le même résultat avec une eau très-calcaire, contenant $1^{gr},014$ d'acide carbonique libre ou uni aux carbonates, eau que j'ai

analysée, il y a quelques mois, et qui venait de Sans-Souci (Puy-de Dôme).

Ainsi le principe rouge du tournesol peut former avec la chaux du carbonate de chaux un composé bleu, même en présence d'une assez forte quantité d'acide carbonique; et je crois qu'une solution de chaux ou de sucrate de chaux serait peut-être préférable à la potasse pour former la liqueur de dosage destinée à faire virer du rouge au bleu, surtout quand on craint la présence de l'acide carbonique dans le liquide où l'on veut doser l'ammoniaque. N'ayant pas de liqueur préparée sur la pureté de laquelle je pus compter, je n'ai pu mettre cette remarque à profit au moment de mes expériences; mais je me propose plus tard de l'appliquer.

Arrivons maintenant aux expériences qui font l'objet de ce mémoire.

Le tableau qui suit en donne les résultats numériques; je le fais suivre d'un second tableau donnant les quantités de pluie tombées pendant la période d'expérimentation; elles sont prises sur le registre de l'observatoire météorologique de l'École d'agriculture de Montpellier.

L'eau de mer soumise à l'analyse a été prise sur la plage de Palavas, près Montpellier; cette plage est divisée par les eaux du Lez, petite rivière qui jette ses eaux à la mer, en deux parties qu'on désigne ici sous les noms de rive droite et rive gauche. Les eaux du Lez se dévient presque toujours vers la rive gauche, comme on le reconnaît par les nombreux débris de plantes d'eau douce, qui souvent forment un cordon verdâtre sur cette rive et sur plusieurs kilomètres d'étendue. Mais le mélange des eaux douces et salées se fait assez vite, et il n'a pas eu d'influence sur les résultats obtenus, comme le montre notre tableau, peut-être parce que, les jours de nos prises d'eau, la mer était agitée et les vagues très-fortes.

Les nombres du tableau qui se rapportent à l'eau de mer paraissent de prime-abord différer beaucoup entre eux, et différer aussi de ceux, très-rares du reste, donnés par quelques analyses antérieures aux nôtres.

M. Boussingault, dans une eau de mer prise à Dieppe, a trouvé par litre $0^{mmgr},2$ d'ammoniaque; M. Marchand accuse $0^{mmgr},57$ pour l'eau prise à deux lieues au large du port de Fécamp; récemment M. Schlœsing, dans l'eau prise à Saint-Valéry en Caux, à marée haute, a reconnu de $0^{mmgr},5$ à $0^{mmgr},4$ d'ammoniaque.

TABLEAU. I.

DATE de la prise d'eau.	DATE de l'analyse.	NOMBRE de jours écoulés entre ces deux dates.	MILLIGRAMMES d'ammoniaque par litre.	ALCALI employé.	OBSERVATIONS.
31 mai	1er juin.	1	0.16	MgO.	Eau de mer, Palavas, rive gauche.
Id.	Id.	1	0.15	MgO.	Id. Id.
Id.	11 juin.	12	0.40	Sans alcali.	Id. Id.
18 juin.	19 juin.	1	0.27	MgO.	Eau de mer, Palavas, rive droite.
21 juin	25 juin.	4	1.19	MgO.	Id. Id.
Id.	26 juin.	5	0.00	Sans alcali.	Id. Id.
26 juin.	28 juin.	2	1.22	MgO.	Eau de mer, Palavas, rive gauche.
Id.	Id.	2	0.00	Sans alcali.	Id. Id.
Id.	29 juin.	3	1.27	MgO + KO.	Id. Magnésie et potasse successivement.
Id.	1er juillet.	5	1.06	Sans alcali.	Id. — 400 cm. cubes recueillis du litre.
11 juillet.	12 juillet.	1	0.00	Sans alcali.	Eau de mer, Palavas, rive droite.
Id.	Id.	1	0.16	MgO.	Id. Id.
Id.	Id.	1	1.04	KO.	Id. Id.
Id.	14 juillet	3	0.08	Sans alcali.	Id. Id.
Id.	Id.	3	0.13	MgO.	Id. Id.
Id.	Id.	3	1.06	KO.	Id. Id.

19 juillet	27 juillet.	7	0.18	Sans alcali.	Eau de mer, Palavas, rive droite.
Id.	Id.	7	0.22	MgO.	Id. Id.
1er juillet	2 juillet.	1	0.81	Sans alcali.	Étang de Villeneuve près Palavas. 3° B.
Id.	Id.	1	1.20	MgO.	Id. Id.
Id.	12 juillet.	11	1.95	MgO.	Id. Id.
23 juillet.	26 juillet.	3	0.30	Sans alcali.	Même étang.
Id.	Id.	3	0.97	MgO.	Id.
Id.	Id.	3	2.12	KO.	Id.
28 juillet.	31 juillet.	3	0.00	Sans alcali.	Étang d'Ingril, près Frontignan. 4° B.
Id.	Id.	3	0.25	MgO.	Id. Id.
Id.	Id.	3	0.70	KO.	Id. Id.
6 juillet.	9 juillet.	3	0.00	MgO.	Table salante de Frontignan. 21° B.
Id.	16 juillet.	10	0.97	KO.	Id. Id.
28 juillet	30 juillet.	2	0.35	Sans alcali.	Id. Eau rosée. 25° B.
28 mai.	28 mai.		0.00	MgO.	Eau douce de l'École d'agriculture.
Id.	Id.		0.16	KO.	Id, Id.
13 juillet.	13 juillet.		0.00	MgO.	Id. Id.
Id.	Id.		0.13	KO.	Id. Id.
2 juin.	2 juin.		0.80	MgO.	Pluie du 1-2 juin.
5 juin.	5 juin.		1.33	MgO.	Mélange des pluies du 1er au 5 juin.
23 juin.	23 juin.		1.09	MgO.	Pluie du 23 juin.

Pour établir quelques comparaisons entre ces dosages et les nôtres, il faudrait savoir comment ils ont été obtenus. Avec la magnésie les dosages sont peut-être un peu faibles, mais quand

TABLEAU II. — OBSERVATOIRE MÉTÉOROLOGIQUE DE L'ÉCOLE D'AGRICULTURE.

(Extrait.)

DATES.	MILLIMÈTRES de Pluie.	MILLIMÈTRES de pluie par période.	OBSERVATIONS.
25 mai........	1.4	7.1	
30 mai........	5.7		
2 juin.........	35.2	40.0	
3 juin.........	2.8		
4 juin.........	2.0		
22 juin........	30.2	102.6	Grandes inondations du Midi. — Dans ces trois jours il est tombé sur le sol de notre École, par hectare, un million de litres d'eau renfermant plus d'un kilogramme d'ammoniaque.
23 juin........	69.0		
24 juin........	2.4		
4 juillet......	0.3	11.6	
5 juillet......	7.8		
6 juillet......	3.5		
8 juillet......	12.0	17.0	
9 juillet......	5.0		
15 juillet......	0.5	6.8	
16 juillet......	6.3		
23 juillet......	0.5	24.3	
25 juillet......	11.8		
26 juillet......	12.0		

on emploie la potasse ils peuvent être trop élevés à cause de la destruction partielle des matières organiques.

Enfin ces matières organiques elles-mêmes peuvent avoir une grande influence sur les résultats fournis par la distillation.

M. Fauré, dans un litre d'eau de mer bien limpide, prise à Arcachon, trouve $0^{mmgr},52$ de matières organiques.

Cette matière organique doit varier beaucoup suivant les lieux, suivant les saisons et diverses circonstances météorologiques. Elle est certainement constituée par des organismes morts et des organismes vivants; tous ces corps, par leur décomposition, peuvent donner des sels ammoniacaux, fixes ou volatils; mais ces derniers, en présence des sels de chaux, de magnésie, que renferme l'eau salée, ne doivent pas tarder à devenir fixes à leur tour; de plus, ces corps peuvent réduire les sulfates, les nitrates, comme on l'a constaté souvent dans les eaux douces. On sait depuis longtemps que la matière organique réduit le sulfate de chaux, il est possible qu'elle réduise de même le sulfate d'ammoniaque; Bineau a montré que les algues décomposent les nitrates; M. Schlœsing a signalé le même fait pour la matière végétale morte. Ces divers phénomènes peuvent se produire dans nos flacons, et il y a donc, pour les résultats, intérêt à tenir compte du temps écoulé entre la prise d'eau et l'analyse.

N'ayant que tardivement employé la potasse pour déplacer l'ammoniaque de l'eau de mer, j'examinerai les résultats fournis par l'emploi de la magnésie. Neuf expériences ont été faites avec elle; pour quatre d'entre elles l'eau n'est restée qu'un jour dans le flacon; elles ont donné des résultats très-voisins les uns des autres dont la moyenne est :

$0^{mmgr}18$ d'ammoniaque par litre.

Pour les cinq autres expériences, si nous laissons de côté l'expérience particulière du 29 juin, rapportée plus haut, nous trouvons :

21 juin	4 jours	1 19 (rive droite)
26 juin	2 »	1 22 (rive gauche)
11 juillet	3 »	0 13
19 juillet	7 »	0 22

Les deux premiers résultats s'écartent notablement de la moyenne ci-dessus; ils m'étonnèrent d'abord beaucoup, et comme ils ont eté vérifiés avec soin je ne trouve d'autres raisons de cette anomalie que dans les circonstances météorologiques qui ont correspondu aux dates des prises d'eau. C'est, comme on le voit dans le tableau II, l'époque de ces grandes perturbations qui ont amené les inondations du Midi.

L'influence de la durée du séjour dans les flacons s'est surtout révélée dans l'eau prise le 26 juin, qui, sans alcali, donnait :

après 2 jours $0^{mm},00$ d'ammoniaque et après 5 jours 1,06 d'ammoniaque.

Elle se manifeste encore pour l'eau prise le 31 mai, qui donnait après 1 jour $0^{mmgr},16$ d'ammoniaque avec la magnésie et après 12 jours 0^{mm}, 40 d'ammoniaque sans alcali.

Enfin les expériences faites sans alcali montrent avec évidence qu'une eau traitée peu de temps après son extraction ne contient pas d'ammoniaque volatile, mais qu'il peut s'en révéler avec le temps dans les flacons renfermant l'eau. En voici le résumé :

		milligr.
Eau du 31 mai	12 jours	0,40
du 21 juin	5 »	0,00
du 26 juin	2 »	0,00
Id.	5 »	1,06
de 11 juillet	1 »	0,00
Id.	3 »	0,08
du 19 juillet	7 »	0,18

Remarquons que l'eau du 26 juin était en quelque sorte anormale, nous l'avons déjà dit.

Comme on pouvait m'objecter que le transport long et accidenté de l'eau jusqu'à mon laboratoire (1) pouvait, par l'agitation du liquide, entraîner malgré la bonne fermeture des flacons une perte en ammoniaque volatile; comme il était bon d'une autre part de se rendre compte, dans l'hypothèse de l'existence de cette ammoniaque volatile dans les eaux marines, de la quantité qui pourrait s'échapper du sein de la mer par le mouvement des vagues, le brisement des flots sur les rochers ou les cailloux de la plage, j'ai fait le 10 juillet l'expérience suivante :

J'ai relié successivement l'un à l'autre une forte pompe à main, une grande éprouvette à dessiccation à pouce sulfurique, un grand ballon de 2 litres et une autre éprouvette à pouce imbibée de potasse; cette dernière portait un tube à dégagement qui débouchait au fond d'un petit ballon, très-incliné, contenant 10 cent. cubes de la liqueur oxalique titrée. Dans le grand ballon j'ai mis 10 cent. cubes d'une solution de carbonate d'ammoniaque contenant $1^{mmgr},5$ d'ammoniaque, puis un litre d'eau. Pendant 20 minutes la pompe a fonctionné; l'air circulant a produit une vive agitation, un bouillon-

(1) L'eau puisée à la mer était portée à la gare de Palavas, de Palavas en chemin de fer à Montpellier, de la gare de Montpellier à mon domicile et de celui-ci à l'École qui en est distante de 2kil.5.

nement énergique du liquide. La liqueur acide titrée accusait alors 0mmgr,12 d'ammoniaque, c'est-à-dire les $\frac{12}{150}$ de la quantité totale.

L'expérience a été reprise avec 20 cm. cubes de la liqueur alcaline, le litre d'eau contenait donc 3mmgr d'ammoniaque volatile; après une demi-heure de manœuvre, la liqueur titrée décelait : 0mmgr,35 d'ammoniaque, c'est-à-dire les $\frac{35}{300}$ du poids total. On voit que c'est à peu près pour les deux expériences $\frac{1}{100}$ de la quantité totale. En admettant que l'eau de mer contînt par litre un milligramme d'ammoniaque volatile, il ne s'en serait perdu dans ces conditions exceptionnelles que $\frac{1}{100}$ de milligramme, quantité inappréciable.

Ainsi le transport de nos échantillons d'eau n'a pu avoir aucune influence sensible sur nos résultats, et nous pouvons affirmer que l'*eau de mer, prise limpide, dans son état normal, ne contient pas de sels ammoniacaux volatils et renferme une quantité d'ammoniaque fixe variant entre certaines limites*, et dont la moyenne me paraît être d'après les résultats fournis par la magnésie, 0mmgr,18, par litre.

La conclusion à laquelle nous venons d'arriver en ce qui concerne l'eau de mer se maintient, mais avec certaines restrictions, pour l'eau des étangs et des marais salants, de notre littoral. Ces étangs et ces marais sont plus ou moins étendus et plus ou moins profonds; ils sont séparés de la mer par une plage étroite, nommée *Cordon littoral*, qui s'étend de la montagne d'Agde à la limite orientale de l'étang de Mauguio; ils n'ont de communication avec la Méditerranée que par des ouvertures étroites appelées grauss. Leurs eaux sont par cela même très-tranquilles; et sur les bords, là où le fond ne présente qu'une faible profondeur une végétation aquatique s'y développe avec abondance. En ces points les sels ammoniacaux volatils s'y révèlent non-seulement à l'analyse, mais souvent même à l'odorat; leur présence s'explique tout naturellement par la décomposition de la matière organique et par la réduction que celle-ci opère sur les nitrates et les sels ammoniacaux fixes contenus dans les eaux.

C'est ainsi que pour la partie de l'étang de Villeneuve qui avoisine Palavas, j'ai trouvé par litre :

le 1er juillet	0mmgr81	d'ammoniaque volatile
et le 23 juillet	0 30	Id.

La première de ces dates est peu éloignée de l'époque des grandes pluies de juin; la seconde termine une période de beaux jours.

Dans le premier cas le mélange de l'eau douce et de l'eau salée explique la valeur du premier résultat 0,81.

Mais quand on prend l'eau en dehors de ces circonstances particulières, là où la végétation aquatique manque, là où l'eau est limpide, où le fond est bas, alors on ne trouve plus d'ammoniaque volatile. C'est dans ces conditions qu'était l'eau de l'étang d'Ingril, près Frontignan; cette eau, prise le 28 juillet, même après quelques jours de pluie, ne présentait aucune trace d'ammoniaque volatile. Nous pouvons dire en passant que l'assainissement des terres voisines des marais ou des étangs n'aura lieu qu'en faisant disparaître les végétations de leur rive ou de leur fond.

Comme les eaux des étangs reçoivent et conservent les eaux pluviales, comme d'une autre part elles n'ont que des communications rares et étroites avec celles de la mer, elles conservent sensiblement le même degré de salure, et il ne faut pas s'étonner d'y voir la proportion des sels ammoniacaux différer peu de celle de la mer. Cependant elle est un peu plus élevée.

Nous avons admis plus haut qu'un litre d'eau de mer devait en moyenne renfermer 0^{mmgr}, 18 d'ammoniaque. Les nombres les plus élevés du tableau sont ceux du 26 juin et du 11 juillet, où la potasse a donné :

$1^{mmgr}87$ (0 56 + 0 71) et $1^{mmgr}06$.

Or, pour l'étang de Villeneuve nous trouvons au 1er juillet 1^{mmgr},20 par la magnésie, et le 23 juillet 2^{mmgr},12 par la potasse.

Sur les tables salantes les sels ammoniacaux fixes diminuent; cette diminution doit certainement être attribuée à ces organismes qui, apportés par l'air viennent vivre ou mourir dans ces eaux suivant leur densité et leur donnent ces teintes blanchâtres ou rosées parfois si remarquables. Ainsi sur une table (salinotte) des salines de Frontignan, l'eau à teinte blanchâtre, prise le 6 juillet, marquant 21° Baumé, traitée par la potasse a donné

$0^{mmgr}56$,

et celle prise le 28 juillet avec une teinte rosée, marquant 25° B. a donné

$0^{mmgr}97$ d'ammoniaque par litre,

dont 0,35 d'ammoniaque volatile; et encore est-on en droit de soup-

çonner qu'une partie de cette ammoniaque provient de la réduction des nitrates que les eaux doivent renfermer. Ces nitrates doivent même très-probablement concourir à former dans les étangs l'excès de sels ammoniacaux que nous avons constaté ci-dessus.

Si nous résumons la discussion précédente, nous pouvons dire que l'eau des étangs pas plus que l'eau de la mer ne contient de sels ammoniacaux volatils; mais qu'en certains points où l'eau est peu profonde, ou les végétations d'eau salée ou saumâtre se développent, l'ammoniaque volatile apparaît.

Notre conclusion finale est donc celle-ci : *l'eau de la mer ne renferme pas d'ammoniaque volatile et n'en exhale pas;* ce n'est que sur certains parages infiniment restreints, très-minimes relativement à son étendue que la mer peut céder à l'atmosphère qui la couvre cette ammoniaque volatile et concourir à cette restitution dont nous parlions en commençant ce mémoire.

Au sein des mers, les sels ammoniacaux apportés par les fleuves, ceux qui se forment par réduction des nitrates, sont pris et assimilés par tous ces êtres organisés, infiniment petits, qui y vivent; les dépouilles de ces êtres entraînées, ensevelies peu à peu au fond des mers avec les matières terreuses, forment ces couches géologiques actuelles qui ne restitueront que dans un avenir inconnu, à la végétation aérienne, la matière azotée qu'elles renferment; de même que les couches des anciennes époques géologiques du globe nous la restituent de nos jours quand elles surgissent au-dessus de la surface des océans.

Montpellier, 15 août 1875.



DE L'ANALYSE COMMERCIALE DES SUCRES ET DE L'INFLUENCE DES SUBSTANCES MÉLASSIGÈNES SUR LA CRISTALLISATION

PAR

M. E. DURIN.

Ancien fabricant de sucre, attaché au laboratoire de culture du Muséum d'histoire naturelle

I

ÉTAT ACTUEL DE LA QUESTION ET DISCUSSION DES DIVERSES MÉTHODES D'ANALYSE COMMERCIALE EN FRANCE, EN BELGIQUE ET EN HOLLANDE.

L'analyse commerciale du sucre diffère de l'analyse chimique simple, en ce que celle-ci détermine uniquement la composition de l'échantillon sur lequel on opère, sans chercher à apprécier les réactions des divers composants les uns sur les autres. L'analyse industrielle tient compte de ces réactions, et déduit de la richesse saccharine absolue du produit une quantité de sucre proportionnelle à la quantité de certains éléments étrangers qui l'accompagnent. On suppose, en effet, que dans les opérations du raffinage, les sels et le glucose, maintiendront en dissolution une quantité de sucre proportionnelle à ces matières qui sont dès lors désignées comme *mélassigènes*, et par suite qu'on ne retirera en sucre raffiné que la quantité absolue du sucre mis en œuvre, diminuée de celle qui sera retenue en dissolution par les substances mélassigènes. Ainsi l'analyse chimique simple donne uniquement la composition du produit analysé; l'analyse industrielle indique le résultat à obtenir lorsqu'on en opère le raffinage. C'est sur ces dernières données que s'établissent la valeur et le rendement du sucre brut.

L'exactitude des coefficients à appliquer à l'influence mélassigène des substances étrangères est d'une grande importance; car non-seulement ils servent de base aux transactions commerciales, mais encore ils joueront un grand rôle dans la perception et le contrôle de l'impôt. Nous nous proposons, après avoir passé en revue les procédés d'analyse et les coefficients généralement adoptés, d'en étudier les bases pour les confirmer ou les modifier. Notre examen nous amènera en même temps à parler du projet de règlement administratif du ministère des finances relatif à l'analyse des sucres, et à montrer que si les bases proposées par l'administration sauve-

gardent les intérêts du trésor, elles font aussi une part assez large à l'industrie et ne l'exposent pas à des perceptions de droits dépassant l'importance des produits obtenus.

Bases de l'analyse commerciale française.

M. Dubrunfaut a le premier proposé de tenir compte de la quantité des sels existant dans le sucre, et ayant constaté que dans les mélasses épuisées, il y avait en moyenne une partie de sels calcinés pour 3,74 parties de sucre, il a indiqué ce chiffre de 3,74 parties comme devant être le coefficient mélassigène des sels, il a donc conclu à une déduction, sur la richesse absolue, de *trois parties, soixante-quatorze centièmes de sucre* par *partie de cendres*. Les raffineurs de sucre, qui avaient un intérêt très-grand à acheter leur matière première suivant son rendement au raffinage, ont accueilli avec faveur les études de M. Dubrunfaut, et ils ont imposé aux fabricants de sucre la vente à l'analyse; seulement ils ont modifié le coefficent 3,74 et l'ont remplacé par le coefficient 5, le considérant comme plus juste et surtout plus avantageux. Ils ont en outre avancé que le glucose (ou sucre interverti), était aussi une substance mélassigène et lui ont donné un coefficient de déduction de 1 lorsque le sucre n'en contenait que des quantités très-faibles comme le sucre de betteraves; ils ont ensuite déclaré que le coefficient de 1 était insuffisant et devait progresser presque géométriquement lorsque le glucose était très-abondant, comme dans le sucre de canne. Comme il était impossible de vérifier ces assertions sans une étude spéciale, on a admis que l'analyse ne pouvait s'appliquer au sucre de canne à moins d'établir des coefficients spéciaux; qu'en tous cas les bases de l'analyse commerciale établies pour le sucre indigène ne convenaient pas au sucre exotique, et ce dernier a continué à être acheté suivant son apparence et sa provenance sans la sanction de l'analyse.

Il y avait donc dès l'abord une division bien tranchée entre les sucres de canne et les sucres de betteraves au point de vue de leur mode d'achat, et cette division ne laissait pas que d'être fort embarrassante dans tous les cas où la généralisation de procédés uniques eût été utile à l'administation ou au commerce. Il était donc intéressant de se rendre compte de l'influence réelle des glucoses sur la cristallisation, et de voir si le coefficient applicable au glucose devait croitre suivant une progression géométrique ou être

simplement proportionnel; et de juger enfin si le même procédé d'analyse pouvait s'employer pour les sucres de toutes provenances.

Le moyen avoué de faire l'analyse commerciale des sucres consiste à opérer le dosage :

1° De l'eau;

2° Du sucre directement par le saccharimètre;

3° Du glucose par la liqueur cuivrique;

4° Des cendres à l'état de sulfate, sous déduction de $\frac{1}{10}$ de leur poids pour l'augmentation présumée due à la conversion des sels en sulfates.

Exemple supposé, analyse chimique d'un sucre :

Eau	0 60	
Sucre cristallisable	98 00	
Cendres	0 80	100
Glucose	0 20	
Matières organiques	0 40	

Son analyse commerciale serait :

Sucre	98 00
Cendres $0.80 \times 5 = 4.00$ / Glucose $0.20 \times 1 = 0.20$	4 20
Titre commercial	93 80

Mais ce procédé n'a pas été longtemps employé : de l'examen des résultats de nombreuses analyses de sucres et de mélasses, on a extrait un procédé empirique supprimant le dosage direct du sucre. Quelques chimistes, soit en vue d'une simplification, soit pour toute autre raison dont nous n'avons pas à parler, ont cru remarquer que les matières organiques étrangères au sucre affectaient une certaine relation avec la quantité de cendres; ils ont conclu, les uns à l'existence de $\frac{4}{5}$ de ces matières du poids des cendres, les autres de $\frac{5}{6}$, et ils se sont contentés pour faire l'analyse de doser :

1° L'eau,

2° Les cendres,

3° Les matières organiques étrangères, en prenant les $\frac{4}{5}$ ou les $\frac{5}{6}$ des cendres.

4° Le glucose était dosé plus ou moins exactement, mais il était convenu qu'on en trouverait toujours un peu.

5° Le sucre était dosé par différence.

Ce procédé, aussi commode que défectueux, s'est rapidement

acclimaté sans être avoué; il était plus expéditif d'abord et avait en outre l'avantage de diminuer les écarts d'analyse, entre les différents chimistes qui avaient le même produit à essayer. Il est inutile d'insister longuement sur les erreurs qu'entraîne cette analyse par les 4/5 ou les 5/6; nous nous contenterons d'énumérer les plus saillantes.

1° En admettant même que les matières organiques existent dans la proportion moyenne des 4/5 des cendres, le procédé n'en serait pas plus justifiable; car le chimiste n'est pas chargé de faire une analyse moyenne, mais bien l'analyse du produit qui lui est présenté.

2° De ce que la proportion des cendres serait dans le rapport des 4/5 avec les matières organiques dans les mélasses ou dans quelques sucres, on ne pourrait conclure que le même rapport doive exister dans le sucre en général. Car, ainsi que nous le montrerons plus loin, les cendres du sucre ne proviennent qu'en minime proportion du sirop qui reste attaché aux grains de sucre, mais elles sont dues surtout à la cristallisation simultanée du sucre et des sels. Il est dès lors évident que ces sels, cristallisant avec le sucre, ne peuvent avoir aucune proportionnalité avec les matières organiques. S'il existe un rapport quelconque entre les matières organiques et les cendres, il ne peut avoir sa raison d'être que dans les sirops mères qui mouillent plus ou moins les grains de sucre; enfin, quel qu'il soit, il doit être différent dans les sirops de 1er, 2e ou 3e jet. En poussant le raisonnement jusqu'à l'absurde, et la preuve expérimentale en sera donnée dans la suite de ce mémoire, il peut se trouver des sucres ayant cristallisé dans un milieu salin, mais absolument exempt de matières organiques; ces sucres contiendront jusqu'à 25 pour 100 de sels et pas de traces de matières organiques, et cependant l'analyse par la méthode dite des 4/5 en accuserait $\frac{25 \times 4}{5} = 20$ pour 100.

3° Il est certain qu'un industriel épurant son sirop jusqu'à la dernière limite, le débarrassera d'une quantité de matières organiques bien plus importante que celui qui ne l'épurera pas; les sels cependant seront en égalité dans les deux cas. Par la méthode d'analyse empirique dont nous parlons, une déduction égale sera faite pour les deux sucres, et le fabricant habile sera lésé, et l'autre favorisé.

Il est inutile d'appuyer davantage sur ce point; si nous en avons fait mention avec quelques détails, c'est que ce mode défectueux,

qui ne mérite pas le nom d'analyse, s'est répandu partout, a fait fortune parmi les chimistes du commerce, et a été généralement employé d'une manière occulte dans les transactions.

Nous avons parlé des divers moyens d'analyse employés; nous indiquerons le seul procédé qui nous paraisse équitable, sans toutefois entrer encore pour le moment dans la discussion des coefficients :

Il faut doser :

1° L'eau;

2° Le sucre cristallisable, directement par le saccharimètre;

3° Le glucose, par la liqueur cuivrique ou par un procédé chimique quelconque, jamais par inversion;

4° Calculer la déviation à gauche qu'a dû donner au saccharimètre le glucose dosé, et ajouter cette déviation à celle qui a été trouvée à droite dans l'observation optique du sucre cristallisable;

5° Les cendres à l'état de sulfate, sous déduction de 1/10 ou 2/10 de leur poids, selon que l'un ou l'autre chiffre sera décidé.

6° Les matières organiques seront considérées comme formant le complément de 100 et seront dosées par différence.

7° Il sera utile de doser à part les matières insolubles qui pouvaient se trouver accidentellement dans le sucre, telles que silice, etc., etc. Ces matières seraient considérées injustement comme mélassigènes.

L'analyse chimique faite, on en déduit l'analyse commerciale suivant les coefficients prescrits.

En résumé, et pour bien poser la question, avant de comparer les méthodes françaises avec les méthodes étrangères, nous disons que l'analyse commerciale française *comprend les pertes probables au raffinage résultant de l'impureté du sucre*, et lorsqu'on dit qu'un sucre titre 90°, on entend, non point que l'échantillon contient 90 pour 100 de sucre, mais qu'il rendra 90 pour 100 *de sucre raffiné*, sauf les pertes matérielles possibles en fabrication.

Conférence internationale de Bruxelles de juillet 1875.

En juillet 1875, une conférence s'est tenue à Bruxelles, entre les délégués de la France, de la Grande-Bretagne, de la Belgique et de la Hollande, en vue de renouveler la convention de 1864 arrivée à son terme. On sait que le rendement au raffinage avait été basé,

en 1864, sur la nuance des sucres, et qu'une entente douanière avait été convenue sur ces bases entre les pays cités ci-dessus. La richesse du sucre ayant été reconnue depuis indépendante de la nuance, et le gouvernement français ayant émis le vœu que l'impôt, au lieu d'être perçu sur le sucre brut, fut appliqué au sucre entrant dans la consommation; il devenait nécessaire d'ouvrir de nouvelles négociations et de convenir d'un *modus faciendi* commun ou analogue dans ses résultats, engageant de nouveau les pays contractants. Dans cette conférence, les méthodes saccharimétriques furent examinées et les délégués des puissances rendirent compte de leurs opinions particulières à ce sujet.

Soit que le compte rendu que nous avons eu entre les mains ait inexactement reproduit les propositions de la France, soit que les opinions du gouvernement français n'aient pas encore été alors absolument arrêtées, le mode d'analyse et le taux des coefficients proposés par lui, ne sont pas complétement d'accord avec les décisions qu'il a prises ultérieurement. Aussi il nous paraît inutile de reproduire les intentions manifestées par nos délégués à la conférence; il est préférable de prendre comme point de départ des propositions françaises le projet définitif de l'administration, c'est-à-dire :

1° Un coefficient salin de	4
2° Déduction pour les cendres sulfatées	$^2/_{10}$
3° Coefficient des glucoses :	
1° Pour les quantités inférieures à 0.50	0
2° — de 0.50 à 1.00	1
3° — de 1 et au-dessus	2

L'analyse du sucre cristallisable sera faite au saccharimètre, et on ajoutera à la déviation à droite due à ce sucre la déviation à gauche représentée par le glucose qu'il contiendra. Il a été en outre reconnu que $16^{gr},35$ de sucre pur dissous dans l'eau et amenés au volume de 100^{cc} donnaient une déviation supérieure à cent degrés et que ces cent degrés étaient exactement obtenus par la dissolution de $16^{gr},19$ de sucre dans un volume total de 100^{cc}.

Le glucose sera dosé directement au moyen de la liqueur de Fehling.

Ces conclusions résultent des études faites par MM. Peligot, Aimé Girard, Riche, de Luynes, avec le concours de M. Tresca. Les coefficients ont été établis d'après l'opinion de chimistes spéciaux.

Le gouvernement français adoptait donc ces chiffres, soit qu'il

appliquât la saccharimétrie au contrôle de l'impôt, soit qu'il en fit la base même de l'impôt.

La proposition des délégués belges était plus simple; ils étaient d'avis qu'il suffisait de doser le sucre cristallisable seulement, et de déduire du nombre trouvé une quantité égale à la totalité du *non-sucre* (1), l'eau n'étant pas considérée comme non-sucre et devant être dosée à part et diminuée du poids de l'échantillon. Ils admettaient comme formule réductrice l'équation suivante :

$$S = 2D + \frac{G}{3} - (100 + HO.)$$

S représente le sucre raffiné à obtenir.
D le nombre de degrés de déviation au saccharim., etc.
G le glucose.
HO l'humidité de l'échantillon.

La formule belge atteignait beaucoup plus sévèrement que la nôtre les intérêts de la raffinerie, car par cette formule le rendement imposé au raffinage est notablement plus élevé qu'avec les coefficients français.

Méthode néerlandaise. — La proposition néerlandaise exige un examen plus complet, car ses bases sont différentes de celles desdeux autres. Elle ne comporte pas de coefficient; elle présente une méthode d'analyse qui ne préjuge pas des résultats en raffinerie, car dans le rapport adressé au ministre des finances, le docteur J. W. Gutting, chargé des études chimiques préliminaires sur la saccharimétrie comme base d'impôt, n'attribue à ses résultats qu'une portée théorique et penche vers une entente avec les raffineurs pour arriver à des déductions pratiques.

Nous analyserons le plus sommairement possible le rapport très-intéressant et très-étudié du docteur Gutting, nous différons toutefois d'opinion sur divers points; mais notre cadre ne nous permettant pas de le suivre pas à pas, nous n'appuierons que sur les points qui intéressent directement la question.

La première idée qui se dégage de ce rapport est : que l'impôt à la consommation après raffinage, est sans contredit le meilleur, à cause de l'incertitude des coefficients; et que la sacchramétrie ne doit être employée qu'à défaut du premier. Ceci posé, le docteur Gutting pense qu'on peut arriver à des évaluations théoriques exactes par la saccharimétrie, et qu'une étude mixte chimique et

(1) Cet affreux barbarisme est la traduction exacte de l'expression employée par les chimistes allemands.

industrielle donnera des coefficients satisfaisants. Il trouve le coefficient salin 5 trop élevé, et pense qu'il ne faut l'admettre que quand la faible proportion des sels diminue l'importance du multiplicateur. Quant au glucose, il constate qu'on manque de données nécessaires, mais il donne un certain nombre d'analyses de mélasses et de sirops de raffinerie, dont nous tirerons des conclusions utiles lorsque nous discuterons l'influence du glucose sur la cristallisation.

Le docteur Gutting indique comme moyen d'analyse le procédé Payen modifié par lui. Payen, dès 1845 environ, avait publié son procédé d'analyse du sucre, le docteur Scheibler en a fait la conquête et l'a présenté sous son nom en 1874, en le recommandant comme le meilleur moyen d'apprécier exactement la valeur industrielle du sucre. Comme nous décrirons en détail le procédé employé par le docteur Gutting, et que ce procédé est en principe celui de Payen, il est inutile de rappeler ce dernier qui est du reste connu de tous les chimistes. Mais le docteur Gutting s'éloigne de Payen et de Scheibler dans les conséquences qu'il tire de son analyse. Là où Payen et Scheibler ont vu une analyse industrielle représentant une opération de raffinage en petit, c'est-à-dire *une méthode quantitative pour séparer le sucre existant sous forme de sirop, du sucre cristallisé*, le docteur Gutting considère son opération comme une simple séparation du sucre cristallisable *du sucre de sirop*, afin de pouvoir ensuite doser le premier directement par le saccharimètre. Ainsi, pour bien préciser, Payen et Scheibler atteignent leur résultat par la simple pesée du sucre plus ou moins blanc qui a résisté aux lavages alcooliques; tandis que le docteur Gutting dose au saccharimètre ce même sucre, et ne prend pour résultat final que l'indication du saccharimètre.

Nous devons avouer que ce procédé nous paraît un peu vague, et que nous ne sommes pas d'accord avec son auteur sur le point de départ. Le docteur Gutting veut séparer le sucre cristallisé du sucre de sirop, et il paraît croire que ce qu'il appelle *le sucre de sirop*, c'est-à-dire le sucre non cristallisé, est une variété particulière de sucre, que ce n'est pas de la *saccharose*, bien que ses propriétés optiques et chimiques n'en diffèrent guère, et il croit que ce sucre de sirop ne peut redevenir de la *saccharose* que sous des influences spéciales assez délicates.

C'est pour nous une erreur capitale qui pèse sur tout le procédé

et le rend indécis; *le sucre de sirop* n'est pas un sucre particulier se rapprochant de la *saccharose*, mais de la *saccharose* elle-même en suspension de cristallisation sous les influences diverses : de la cessation de sursaturation de l'eau, des sels et des matières mélassigènes en général. Si on détruit ces causes suspensives, ce prétendu sucre spécial cristallisera et donnera de la saccharose bien définie. Pour s'en convaincre, il suffit de songer aux deux grandes créations de M. Dubrunfaut, l'extraction du sucre des mélasses épuisées, par la baryte et par l'osmose. Dans le premier procédé, le sucre est extrait en formant avec la baryte un composé insoluble de baryte et de sucre; en séparant la baryte, il reste un sucre cristallisable d'une pureté absolue. C'est donc ici une extraction de la saccharose par précipitation chimique. Dans le travail osmotique, la cristallisation n'est plus obtenue par l'enlèvement du sucre au sirop impur qui le retenait, mais au contraire par l'extraction d'une partie des impuretés, et là encore la cristallisation s'opère et donne du sucre cristallisable. Il a donc suffi, pour l'obtenir, d'annuler par une action chimique spéciale l'effet des corps mélassigènes, ou d'enlever une partie de ces corps; dans les deux cas, la constitution chimique du sucre ayant cristallisé n'a pu être changée, et cependant c'est bien de la saccharose qui a été obtenue.

Enfin M. Margueritte, prenant encore des mélasses épuisées ne contenant plus que du *sucre de sirop*, en élimine les sels à l'état de sulfates insolubles dans l'alcool, précipite également une partie des matières organiques, et obtient finalement une solution sursaturée de sucre dans l'alcool. Celle-ci, par une désaturation lente ou activée mécaniquement, donne aussi en sucre pur environ 70 pour 100 du sucre total renfermé dans la mélasse.

Donc le sucre de sirop du docteur Gutting n'est que du sucre cristallisable identique au sucre cristallisé et en simple suspension de cristallisation.

Nous indiquerons brièvement ici la méthode néerlandaise en donnant d'abord la composition des liqueurs d'essai nécessaires à son emploi : elles sont au nombre de quatre et se composent :

1° Alcool absolu
2° Alcool à 96°.................................. }
3° Alcool à 92°.................................. } saturés de sucre.
4° Liqueur d'épreuve, alcool à 85° et 5 % acide acétique. }

On dose d'abord l'eau par une opération spéciale.

On pèse la quantité de sucre nécessaire à l'observation saccharimétrique et on l'introduit dans un ballon de 50^{cc}, jaugé au col, à ouverture élargie, on bouche ce ballon avec un bouchon à deux trous ; l'un sert de passage à un tube évasé en entonnoir et garni d'un obturateur en feutre mince, descendant à peu près au fond du ballon, l'autre à un tube s'arrêtant au col. Par ce dernier tube on verse les liqueurs d'épreuve à l'abri du contact de l'air; le tube garni de feutre communique avec un aspirateur et sert à l'enlèvement des liqueurs lorsque leur action est épuisée.

MODE D'OPÉRER.

On enlève l'eau par un lavage à l'alcool absolu plusieurs fois répété.

Pour ne pas mettre immédiatement la liqueur d'épreuve en contact avec l'alcool absolu, qui pourrait en précipiter du sucre, on enlève cet alcool par un premier lavage à la liqueur alcoolique à 96°, puis par la liqueur à 92°, et on arrive ainsi graduellement au titre alcoolique de la liqueur d'épreuve.

Le sucre est lavé plusieurs fois avec la liqueur d'épreuve avec agitation du ballon, et lorsque l'épuisement est jugé complet, on enlève cette liqueur par des lavages en sens inverse avec les liqueurs à 92° à 96, et enfin avec l'alcool absolu.

On a alors, selon le docteur Gutting, un sucre complétement purgé de *sucre de sirop* et de glucose, et ne contenant plus que de la *saccharose* et quelques produits inactifs à la lumière polarisée, insolubles dans l'alcool à 85°. Ce sucre est dissous dans l'eau dans le flacon même où s'est opéré l'épuisement, et le volume du liquide amené au trait de jauge. L'observation au saccharimètre donne alors la quantité absolue de saccharose à obtenir *théoriquement* en raffinerie. Le docteur Gutting pense que dans tout raffinage bien opéré, sauf les pertes matérielles, on doit retrouver cette quantité, et qu'il ne se formera pas de nouveau sucre de sirop. Il ne se prononce pas sur le pouvoir mélassigène des sels ou autres substances, et conseille une entente avec les raffineurs. *Son procédé est donc purement théorique, avec l'avantage*, dit-il, *de ne plus confondre la saccharose avec le sucre de sirop.*

Le procédé du docteur Gutting est certainement consciencieux et suffisant pour une prise en charge (évaluation anticipée du rende-

ment à obtenir au raffinage). Mais nous n'oserions nous en rapporter à lui pour la base de l'impôt ou pour les transactions commerciales. Voyons en effet ce qui a lieu, et rappelons en passant que Payen recommandait de broyer le sucre dans un mortier avec les liqueurs d'épreuve, afin de bien attaquer toutes les parties solubles dans l'alcool. Ce broyage avait pour effet d'empêcher aussi la formation des croûtes superficielles desséchées par l'alcool et empêchant ce dernier de pénétrer dans toutes les parties de la masse.

Il est probable que l'attaque des sucres humides se fait incomplétement dans le procédé néerlandais, et les résultats sont alors différents de ce que désire l'auteur. En effet, il peut se présenter trois cas (nous exagérerons à dessein, non pour critiquer le procédé, mais pour mieux nous faire comprendre),

1° Ou le *sucre de sirop* ne sera pas desséché et passera dans les liqueurs d'épreuve en les sursaturant, alors le titre trouvé sera inférieur de toute la quantité de ce sucre qui pour nous est de la saccharose.

2° Ou bien tout le sirop sera desséché, le sucre de sirop passera à l'état de saccharose pulvérulente dans le ballon même, et le résultat sera celui qu'on aurait obtenu par une simple observation optique; les traitements à l'alcool auront été à peu près inutiles, ils auront supprimé seulement les corrections nécessitées par le glucose, s'il y en avait.

3° Ou bien enfin les dissolvants du sucre de sirop auront eu une action complète dans certaines parties de l'échantillon, incomplète dans d'autres, et le résultat sera inexact dans les deux sens.

Il est juste de dire que les écarts ne seront pas bien grands, car en moyenne il n'y a que quelques centièmes de sirop, et les erreurs ne seront que partielles; c'est cette considération qui nous faisait dire que le procédé paraissait suffisant pour une prise en charge, bien qu'incomplet pour une analyse très-importante.

En résumé, nous trouvons le procédé d'analyse proposé par l'administration française supérieur aux deux autres; il respecte davantage les intérêts de la raffinerie, tout en tenant un juste compte des droits du trésor. Nous trouvons cependant qu'il exagère l'influence de certaines matières dites mélassigènes, le glucose notamment.

II

DISCUSSION DES COEFFICIENTS PROPOSÉS ET ROLE PROBABLE DES SUBSTANCES MINÉRALES DITES MÉLASSIGÈNES

On appelle *mélassigène* un corps soluble qui a la propriété de maintenir en suspension de cristallisation une quantité de produit cristallisable supérieure à son point de saturation dans l'eau. Le coefficient mélassigène d'un corps est le rapport entre la quantité de ce corps et la quantité de sucre qu'il empêche de cristalliser. L'administration a prescrit, dans son exposé, le coefficient *quatre* pour les sels, c'est-à-dire que la présence *d'une partie* de sels sera considérée comme empêchant la cristallisation de quatre parties de sucre. Le glucose ne donnera lieu à aucune déduction lorsqu'il n'y en aura pas *un demi pour cent*, à un coefficient de *un* lorsqu'il y aura de un *demi* à *un pour cent* de glucose, et à un coefficient de *deux* lorsqu'il y aura plus de *un pour cent* de glucose.

Coefficients salins.

L'analyse saline se fait en pesant trois ou quatre grammes du sucre à analyser, en les dissolvant dans une très-faible quantité d'eau, et en ajoutant à la solution épaisse un excès d'acide sulfurique monohydraté. On fait dessécher la masse à la température d'ébullition de l'acide sulfurique, afin de chasser, avant l'incinération, tout l'excès de l'acide sulfurique; ce dernier, réparti dans la masse charbonneuse, attaquerait la capsule de platine chauffée au rouge. Enfin on calcine jusqu'à ce que les cendres soient complétement blanches et ne présentent plus aucun point en ignition. Cette méthode, due à M. Dubrunfaut, doit être employée, car d'une part les chlorures sont jusqu'à un certain point volatils et ils disparaîtraient en partie pendant l'incinération; en outre ces chlorures enveloppent d'une sorte de vernis les parties charbonneuses et en empêchent la combustion.

Les cendres sulfatées ont un poids supérieur au poids des cendres primitives, on en déduisait *un dixième* pour cette différence due à la plus forte équivalence des sulfates; mais les travaux de M. Violette et de M. Champion ont démontré qu'en moyenne, pour les sucres de betteraves, il fallait déduire 2/10 de ce poids, et l'administration a admis leurs résultats. Nous avons nous-même trouvé

19/100 de déduction utile pour les sels de certains sucres exotiques. — On considère donc les cendres sulfatées moins 2/10 comme devant empêcher la cristallisation de quatre fois leur poids de sucre, et le coefficient 4 leur est attribué.

Étude des coefficients spéciaux à différents sels cristallisables.

L'eau est une des substances mélassigènes dont on a le moins parlé, quoiqu'elle soit la plus importante; un produit soluble et cristallisable, ne peut cristalliser qu'autant que par vaporisation ou par tout autre moyen on ne soit arrivé à en sursaturer l'eau de dissolution. Par refroidissement, la substance dissoute cristallise jusqu'à ce que l'eau en soit simplement saturée à la température ambiante, et ce point de saturation variera avec chaque corps. Aussi longtemps donc qu'il y aura de l'eau, il y aura des sels ou du sucre qui ne cristalliseront pas, quelle que soit la pureté de la solution. *Une substance mélassigène n'aura donc pour expression de son coefficient que la différence entre la quantité de sucre totale restant en dissolution et celle qui y serait restée par l'effet de sa solubilité propre dans l'eau.*

Nous appuierons notre raisonnement par l'étude des coefficients mélassigènes propres à quelques sels qui se trouvent généralement en quantités plus ou moins grandes dans le sucre de betteraves.

1° CHLORURE DE SODIUM.

Une solution de sucre et de chlorure de sodium a été composée dans les proportions suivantes :

Sucre	230 gr.
Chlorure de sodium	36 »
Eau	100 »

C'est-à-dire une quantité de chlorure de sodium saturant à peu près les 100 grammes d'eau à la température de 25 à 30° et une quantité de sucre devant aussi saturer cette eau à une température de 30 à 35° (à 15° le sucre est soluble dans la moitié de son poids d'eau).

Après quelque temps de repos il n'y pas eu de cristallisation, donc le mélange n'a pas diminué la solubilité propre de chacun de ces corps. Cette solution a été évaporée jusqu'au point d'ébullition de 114° de température (point ordinaire de concentration de la cuite du 3e jet industriel).

Il y a eu cristallisation abondante, mais très-irrégulière; pendant

le refroidissement, il s'est disposé au fond du flacon, une couche épaisse de chlorure de sodium pur. Ensuite le sucre et le sel marin ont cristallisé simultanément en gros cristaux ayant la forme cristalline du sucre, mais plus opaques. La cristallisation terminée, le sirop mère a été analysé, sa composition était :

Sirop mère.	Sucre	63 50	100
	Chlorure de sodium	11 12	
	Eau	25 38	
	Soit solubilité du chlorure de sodium	43 75	
	Solubilité du sucre	250 20	

Corollaires. — Le sel marin comme l'a déjà dit Payen est plus soluble dans l'eau sucrée que dans l'eau pure.

2° Il est resté environ 30 grammes de sucre en solution en excès sur sa solubilité dans l'eau pure; le coefficient mélassigène apparent du chlorure de sodium serait $\frac{30}{43.75} = 0.70$.

DEUXIÈME ANALYSE DE SIROP MÈRE :

Sucre	62 75
Chlorure de sodium	12 50
Eau	23 75

Soit en centièmes par rapport à l'eau :

Eau	100
Sucre	264
Chlorure de sodium	52 60
Excès de sucre resté en solution	44 gr.
Coefficient apparent du chlorure de sodium $\frac{44}{52.60} =$	0 80

L'écart entre ces deux analyses, peu sensible toutefois, tient aux différences de température de l'échantillon au moment de l'essai. Il est utile de remarquer aussi, une fois pour toutes, qu'à cause de la lenteur de la désaturation complète des sirops sucrés, les résultats que nous annoncerons peuvent être un peu supérieurs à ceux que nous aurions obtenus si nous avions pu laisser cristalliser nos solutions pendant plusieurs mois et à des températures régulièrement décroissantes. Mais comme une plus longue cristallisation aurait pour effet certain de faire cristalliser plus de sucre et d'abaisser encore le coefficient apparent que nous trouvons, la petite erreur commise, erreur qui ne peut s'élever qu'à un ou deux centièmes, est tout au désavantage de notre raisonnement, et nous ne pourrons ainsi craindre d'exagérer nos conclusions.

ANALYSE DU SUCRE CRISTALLISÉ :

Sucre	89 30	99 94
Chlorure de sodium	10 64	

Cette analyse, sur laquelle nous reviendrons quand nous traiterons la question de l'effet des sels sur le titre du sucre, indique seulement qu'il y a eu cristallisation simultanée de sucre et de sel, mais qu'il n'y a pas eu de combinaison définie.

SUCRE ET CHLORURE DE POTASSIUM.

Mêmes conditions initiales que pour le mélange de chlorure de sodium et de sucre, c'est-à-dire des quantités de sucre et de chlorure de potassium atteignant environ la limite de leur solubilité dans l'eau.

Sucre	230
Chlorure de potassium	30
Eau	100

Pas de cristallisation notable, cependant quelques cristaux de sucre ayant apparu, le sirop mère analysé avait changé un peu de composition et était devenu :

Sucre	220
Chlorure de potassium	32 70
Eau	100 00

Le sirop a été évaporé au point d'ébullition de 110°, la cristallisation a été abondante et d'un aspect particulier, il semble qu'il y ait eu dans la masse cristalline des cristaux d'une combinaison double de sucre et de chlorure de potassium; car il s'est formé à la surface du sirop de gros cristaux en tables, formés d'agglomérations cubiques et se précipitant au fond du flacon lorsqu'ils avaient acquis un certain volume. Il semblerait donc que pendant quelque temps, lorsqu'il y a certaines proportions d'eau de sucre et de chlorure de potassium, il s'est formé une combinaison définie de ces deux produits, à moins toutefois que les cristaux de la cristallisation simultanée n'aient pris la forme du corps prédominant; M. Violette a constaté, en effet, il y a quelques années, l'existence d'une combinaison cristallisée de sucre et de chlorure de potassium.

ANALYSE DU SIROP MÈRE :

Sucre	63 77
Chlorure de potassium	10 70
Eau	25 53

En rapportant ces chiffres à 100 d'eau :

Eau	100
Sucre	250
Chlorure de potassium	41 9

Corollaires. — 1° Le chlorure de potassium est plus soluble dans l'eau sucrée que dans l'eau pure (Payen).

2° L'excès de la solubilité du sucre sur sa solubilité propre dans l'eau pure est 30 grammes environ :

$$\text{Coefficient apparent du chlorure de potassium } \frac{30}{41.9} = 0.70$$

Le chlorure de potassium a donc un coefficient à peu près identique à celui du chlorure de sodium.

Les cristaux formés dans le sirop composé de sucre et de chlorure de potassium avaient des compositions très-diverses suivant l'époque de leur cristallisation.

1er ÉCHANTILLON.

Sucre	70 50	
Chlorure de potassium	24 52	100
Eau	4 98	

2e ÉCHANTILLON :

Sucre	84 50	
Chlorure de potassium	15 21	100
Eau	0 29	

3e ÉCHANTILLON :

Sucre	82 84	
Chlorure de potassium	14 64	100
Eau	2 52	

4e ÉCHANTILLON :

Sucre	90 80	
Chlorure de potassium	8 02	100
Eau	1 18	

On voit que le sucre et le chlorure de potassium, tout en cristallisant simultanément, ne cristallisent pas toujours dans les mêmes proportions. Il ne serait pas impossible d'en trouver les causes, mais cette étude n'aurait guère d'intérêt; elles se trouveraient certainement dans la plus ou moins grande solubilité comparée du sucre et du chlorure de potassium, à diverses températures, et seraient aussi probablement en fonction de la quantité de sucre existant dans le sirop.

Comme nous le disions à propos de l'analyse par la méthode dite des $\frac{4}{5}$, on voit combien cette méthode empirique serait fausse si on

avait à analyser des sucres bien épurés, mais très-salins. Par la méthode des $\frac{4}{5}$ on aurait attribué 20 p. 100 de matières organiques au premier échantillon de sucre et de chlorure de potassium qui n'en contient pas.

Sucre et nitrate de potasse.

1re EXPÉRIENCE, SOLUTION A CHAUD :

Sucre	207
Eau	100
Azotate de potasse	41

Après douze jours de repos, il y avait une cristallisation abondante de salpêtre et quelques cristaux de sucre ; la composition du sirop mère était :

Eau	30 63
Sucre	59 54
Nitrate de potasse	9 83

RAPPORT A 100 D'EAU :

Eau	100
Sucre	194
Nitrate de potasse	32

2e EXPÉRIENCE :

Sucre	230
Nitrate de potasse	30
Eau	100

CRISTALLISATION FAIBLE. — CONCENTRATION DU SIROP.

Le sirop mère avait, après cristallisation :

Sucre	62 50
Nitrate de potasse	9 00
Eau	27 50

RAPPORT A 100 D'EAU :

Eau	100
Sucre	227
Nitrate de potasse	33

On voit que le rapport du sucre au nitrate de potasse avait peu changé et que l'influence mélassigène propre du salpêtre n'est guère appréciable ; par contre, le sucre cristallisé était mélangé à de nombreux cristaux de salpêtre. L'analyse de ce sucre ne présentait guère d'intérêt, le mélange étant fort irrégulier ; il existait quelquefois dans des proportions telles que ce sucre desséché déflagrait avec la rapidité de la poudre.

Sucre et sulfate de potasse.

Dissolution mise en cristallisation.

Eau	100
Sucre	230
Sulfate de potasse	12

Cristallisation sensible de sulfate de potasse et de sucre.

ANALYSE DE SIROP MÈRE :

Sucre	64 000
Sulfate de potasse	3 175
Eau	32 825

RAPPORT A 100 D'EAU :

Eau	100
Sucre	195
Sulfate de potasse	9 66

Il y avait ici un effet nouveau : les deux corps sont l'un et l'autre moins solubles que dans l'eau pure.

En concentrant le sirop de nouveau et en le faisant cristalliser, le même fait s'est présenté plus nettement encore :

Sirop mère. —	Sucre	60 00
	Sulfate de potasse	3 15
	Eau	32 82

RAPPORT A 100 D'EAU :

Eau	100
Sucre	183
Sulfate de potasse	9 60

Donc le sulfate de potasse n'a aucune influence mélassigène apparente ; au contraire, il diminue la solubilité du sucre dans l'eau, tout en étant lui-même moins soluble. Nous aurons occasion de revenir sur ce fait quand nous arriverons aux considérations pratiques relatives à l'influence des sels sur le titre du sucre.

Le sucre cristallisé avait la composition suivante :

Sucre	92 50
Sulfate de potasse	4 18
Eau	3 32

On peut donc déduire d'abord de l'étude de ces quelques cristallisations de sucre et de différents sels : que dans les solutions peu concentrées, les sels et le sucre ont en général à peu près la même solubilité dans l'eau que s'ils étaient isolés, mais que cette solubilité augmente un peu lorsqu'on fait cristalliser des solutions saturées.

Cette différence est toute physique et tient très-probablement à la difficulté de désaturation des solutions sucrées épaisses, elle disparaîtrait par une cristallisation très-prolongée ou par une agitation soutenue.

Sucre et carbonate de potasse.

Le carbonate de potasse en quantité notable donne à la solution sucrée une viscosité telle que la cristallisation n'a pas lieu; par conséquent le carbonate de potasse est mélassigène probablement physiquement seulement, et nous le rangeons dans la série des sels déliquescents auxquels nous attribuons la plus grande puissance mélassigène.

Sucre et chlorure de calcium.

Nous avons pris un litre de solution de sucre saturé à froid et nous y avons ajouté 75 grammes de chlorure de calcium. Après deux jours de cristallisation et d'agitation, il s'est déposé environ 150 grammes de sucre retenant du chlorure de calcium interposé, car la ténuité du grain ne nous avait pas permis de le laver et de le dessécher; ce sucre contenait :

Sucre	91 90
Chlorure de calcium	2 85
Eau	5 25

Il y avait donc nécessairement ici une substitution de chlorure de calcium au sucre dans la solution, et sans pouvoir de ce seul fait tirer une conclusion générale, nous ferons observer seulement que le chlorure de calcium exposé à l'air absorbe un peu plus que son poids d'eau, et que probablement cette addition de 75 grammes de chlorure de calcium dans le sirop sucré a déterminé l'absorption de 75 à 80 grammes d'eau, laquelle eau retenait en solution 150 à 160 grammes de sucre qui se sont précipités. Nous avions déjà fait remarquer cette action de substitution dans les mélanges de glucose et de sucre cristallisable dans une note précédente. Nous y reviendrons en étudiant l'influence des glucoses sur la cristallisation; peut-être la puissance d'absorption d'eau du sucre interverti est-elle aussi la mesure de cette substitution, mais l'effet en est probablement atténué par la consistance du sirop.

Ces phénomènes ne sont pas nouveaux, du reste. M. Dubrunfaut avait déjà, il y a de longues années, constaté que certains sels jouissaient de la propriété d'*exclusion* à l'égard d'autres sels.

En augmentant beaucoup la quantité de chlorure de calcium, la masse prenait une grande consistance et la cristallisation n'avait plus lieu; donc il n'y avait dans cette absence de cristallisation qu'un fait physique. Une expérience nouvelle venait aussitôt à l'esprit; si on ajoutait à de la mélasse épuisée une certaine quantité de chlorure de calcium, il était possible qu'on eût une cristallisation de sucre; le fait ne s'est pas confirmé, il est donc probable que cette mélasse contenait les substances mélassigènes qui empêchaient la cristallisation, et comme les sels ne sont guère mélassigènes, que cette mélasse ne contenait pas de glucose, il est donc certain que cette influence mélassigène était due aux produits organiques déliquescents.

Jusqu'ici nous avons constaté que les sels cristallisables minéraux n'avaient qu'un coefficient apparent faible, et que les sels minéraux déliquescents empêchaient la cristallisation lorsque leur proportion était suffisante pour donner de la viscosité. Avant de résumer nos observations sur l'influence probable des sels, nous citerons quelques expériences de cristallisation de sucre en présence de sels mélangés et de glucose.

COMPOSITION DU SIROP :

Eau	150	
Sucre	500	
Glucose d'amidon	100	
Chlorure de potassium	30	(solubilité dans 150cc d'eau pure environ 45gr.)
Sulfate de potasse	12	(id. id. 18)
Nitrate de potasse	20	(id. id. 30)
Acétate de soude anhydre	40	(id. id. 60)

1° Soit un coefficient salin de 5; pour éviter les cristallisations simultanées de sels et de sucre, ces sels n'avaient été introduits que dans les proportions des 2/3 de leur solubilité dans l'eau de la dissolution (malgré cela une petite partie de ces sels a cristallisé).

2° Une quantité de glucose égale à 20 p. 100 du poids du sucre cristallisable.

3° Une quantité de sucre cristallisable dépassant de 150 grammes environ la solubilité propre du sucre dans l'eau de la solution à 28 ou 30° de température.

Après quelques semaines de cristallisation à des températures variées, il a été obtenu d'une part :

1° Environ 180 grammes de sucre de la composition suivante :

Eau	0 49
Sucre	90 00
Glucose	0 20
Cendres sulfuriques	7 267
Pertes et différence des sels cristallisés aux sels incinérés	2 043
	100 000

Le sirop mère a été analysé à quatre époques différentes; sa composition est représentée dans le tableau suivant :

SUCRE cris-tallisable	GLUCOSE.	SELS.	EAU.	PERTE et différence des sels cristal-lisés aux sels incinérés	RAPPORT A 100 D'EAU.			
					EAU.	SUCRE cristallisable.	GLUCOSE.	SELS.
46.00	14.00	12.00	25.50	2.50	100	180.40	54.40	47.00
47.00	14.00	12.67	23.79	2.54	100	197.50	58.80	53.20
46.00	14.00	12.42	25.08	2.50	100	184.00	56.00	49.70
47.45	14.03	12.68	23.30	2.54	100	180.00	56.00	50.00

Les différences entre ces diverses analyses, écarts du reste sans importance pour la discussion, tiennent à la plus ou moins grande solubilité du sucre et des sels, suivant la température à laquelle a été pris l'échantillon d'essai.

La moyenne des quatre analyses s'établit ainsi :

Sucre	46 11	100
Glucose	14 00	
Cendres	12 44	
Excès des sels cristallisés sur les cendres sulfatées et pertes	2 53	
Eau	24 92	

LE RAPPORT A 100 D'EAU EST :

Eau	100	
Sucre cristallisable	185	241 17
Glucose	56 17	
Sels	49 90	

RAPPORT DE 100 D'EAU A LA SOMME DES DEUX SUCRES:

Eau	100
Sucres réunis	241 17

A l'examen de cet essai on remarque :

1° Que les sels n'ont eu d'influence que sur le titre salin du sucre; il y a eu cristallisation simultanée, bien que chacun des sels n'ait été dissout dans l'eau qu'en proportion des 2/3 de sa solubilité; cette solubilité propre s'est donc amoindrie par le mélange, puisqu'une partie de ces sels a cristallisé avec le sucre;

2° Que la quantité de sucre cristallisable restée en solution a été moindre que celle que l'eau pure aurait retenue;

3° Que la solubilité propre du sucre cristallisable est représentée avec un léger excès par la somme du sucre et du glucose restant dans le sirop mère.

Donc les sels n'ont été que peu ou point mélassigènes, et le glucose s'est *partiellement substitué* au sucre cristallisable dans la solution, puisqu'il devait y rester 230 grammes environ de sucre par la seule influence de l'eau, et qu'il n'en est resté que 185 grammes; enfin la somme des deux sucres cristallisable et glucose est de 241gr,17 p. 100 d'eau, au lieu de 225 à 230 gr. qu'il y aurait eu si la substitution avait été complète.

Preuve que la cristallisation simultanée du sucre et des sels n'est due qu'à la différence entre la solubilité des sels mélangés et celle de chacun d'eux pris isolément, ainsi qu'à la sursaturation saline de l'eau de dissolution.

Nous avons fait une solution de différents sels dans une quantité déterminée d'eau, en prenant de chacun d'eux une quantité voisine de sa limite de solubilité dans cette eau; en voici la composition :

Eau		300
Azotate de potasse	90	
Tartrate neutre de potasse	30	
Chlorure de potassium	90	
Phosphate de potasse	30	
Sulfate de potasse	36	
Acétate de soude cristallisé	100	376
Poids total de la solution		676 gr.

Tous ces sels n'ont pu se dissoudre même à l'ébullition, 35 gr. environ sont restés indissous, notamment du sulfate de potasse et un peu de bitartrate de potasse probablement. La solution a cristallisé par refroidissement, et on en a retiré environ 80 grammes de sels répartis ainsi, analyse faite après calcination :

Chlorure de potassium	38 00	
Sulfate de potasse	25 01	99 61
Phosphate de potasse	2 10	
Carbonate de potasse	34 50	

Évidemment le carbonate de potasse provient de la décomposition des nitrate et tartrate de potasse.

L'eau mère desséchée et calcinée contenait 31 p. 100 de sels dont voici l'analyse :

Chlorure de potassium	37 93	99 80
» de sodium	0 18	
Sulfate de potasse	3 04	
Phosphate de potasse	13 95	
Carbonate de soude	44 80	

Le carbonate de soude provient de la décomposition de l'acétate de soude.

Si la cristallisation des sels, simultanément avec le sucre, est uniquement due à la sursaturation saline de l'eau du sirop, les sels qu'on doit trouver le plus souvent dans le sucre sont :

Le chlorure de potassium;

Le sulfate de potasse;

Le nitrate de potasse.

Les faits confirment cette prévision.

En outre, si cette action réciproque des sels a eu lieu dans la solution pure, *elle ne doit plus se représenter dans la cristallisation du sucre, si on sursature de sucre l'eau mère de la cristallisation saline.* A moins que le sucre ne diminue *la solubilité des sels dans l'eau* ou qu'il y ait *des combinaisons*, le sucre qui cristallisera *devra être pur*.

Pour confirmer cette proposition, nous avons pris 350 grammes de cette eau mère saline représentant 31 p. 100 de sels; et nous y avons fait dissoudre 600 gr. de sucre, la solution avait alors la composition suivante :

Eau	241gr50
Sels	108 50
Sucre	600 00

Soit : 1° Une sursaturation de 100 gr. environ de sucre.

2° Un coefficient salin de $\frac{600}{108\ 50} = 5\ 53$.

La cristallisation a été abondante et magnifique de netteté; nous n'avons pas pesé le sucre cristallisé, devant, pour le retirer, briser le flacon; mais l'analyse de ce sucre et celle du sirop mère nous suffiront.

ANALYSE DU SIROP MÈRE :

Sucre	60 50
Cendres	14 00
Eau	25 50

RAPPORT A 100 D'EAU :

Eau	100
Sucre	237
Sels	54 9

La cristallisation s'est bien arrêtée au coefficient $\frac{60\,50}{1400}$, soit environ 4; mais en même temps l'eau était à peu près complétement désaturée de sucre, puisque en tenant compte de la quantité de sucre devant rester dissoute forcément dans l'eau, soit 220 grammes environ, 17 grammes seulement ont été retenus en excès, le coefficient apparent des sels réunis n'est que de $\frac{17}{54\,9} = 0\,31$.

Cet essai d'ensemble confirme les précédents; les chlorures de sodium et de potassium ont donné un coefficient mélassigène apparent de 0 75, le nitrate de potasse n'en a pas donné, et le sulfate de potasse a provoqué au contraire une désaturation plus grande, donc, en moyenne, 0 25 à 0 30. Il est inutile de dire qu'une concentration de ce sirop mère donnerait lieu à une cristallisation nouvelle de sucre et de sels mélangés cette fois.

Le sucre ayant cristallisé dans ce sirop mère salin était pur et ne contenait pas de cendres dosables.

Donc les sels qui cristallisent avec le sucre sont le résultat d'une cristallisation indépendante, due à la sursaturation saline de l'eau du sirop ; et nullement d'une combinaison de pure supposition des sels et du sucre.

Cette conclusion est très-logique, et rentre dans le domaine des lois générales connues; il y a toujours avantage à y chercher l'explication des faits, au lieu d'admettre des exceptions dont l'application n'est autorisée par aucune expérience précise.

Nous ferons remarquer aussi qu'il ne faut pas considérer les résultats des analyses que nous avons faites comme pouvant servir à la détermination *absolue* de la solubilité des sucres et des sels en mélange. On sait d'abord combien la désaturation des dissolutions sucrées est lente, lorsqu'on approche de la limite de solubilité; en outre, pendant la durée de la cristallisation, il y a des variations de température qui provoquent des cristallisations ou des redissolutions, suivant que cette température s'abaisse ou s'élève. Ces circonstances ne peuvent en rien influer sur nos conclusions, sinon les affirmer davantage, mais nous ne nous sommes pas placé dans les conditions nécessaires à l'établissement de formules mathématiques.

Considérations générales sur l'influence des sels sur la cristallisation et sur leur coefficient mélassigène chimique.

Lorsque nous avons indiqué les coefficients particuliers à chacun des sels pris pour exemple, nous nous sommes servi du terme *coefficient apparent*, et avec raison; ces coefficients ne sont pas réels et n'indiquent qu'une modification de la solubilité et non *une influence mélassigène*. En effet, nous avons dit qu'une substance était *mélassigène* lorsqu'elle maintenait, en dehors des lois de la solubilité, un corps cristallisable en solution, et formait avec lui de la mélasse. Ce n'est pas ce qui se passe dans les mélanges de sels et de sucre; le sucre et les sels cristallisent simultanément au fur et à mesure du départ de l'eau de la solution, et dans des proportions concordant avec leurs courbes de solubilité; lorsqu'on aura enlevé graduellement toute l'eau de la solution, *les sels et le sucre auront totalement cristallisé.*

Donc en réalité les sels cristallisables ne sont pas chimiquement mélassigènes à l'égard du sucre, et *vice versâ*, le sucre n'empêche pas la cristallisation des sels.

Mais de ce que les sels ne sont pas chimiquement mélassigènes il ne faut pas conclure qu'ils ne le sont pas un peu physiquement, et nous chercherons à expliquer cette influence relative. Nous avons dit que les sels minéraux déliquescents étaient mélassigènes lorsqu'ils étaient en quantité suffisante pour donner de la viscosité (exemple, *le chlorure de calcium qui favorise la cristallisation lorsqu'il est en faibles proportions et qui l'empêche lorsqu'il est en excès*). Outre les sels minéraux, il y a dans les sirops de betteraves une grande quantité de sels déliquescents qui proviennent et des éléments organiques préexistants et des produits formés pendant la fabrication. Tous les acides des séries pectique, glucique, etc., etc., qui se sont combinés à la chaux, à la potasse, à l'ammoniaque, sont déliquescents et incristallisables; ils jouent le même rôle que les sels minéraux déliquescents, donnent de la viscosité au sirop et suspendent la cristallisation du sucre et même des sels. Cette action de la viscosité est bien connue de tous les fabricants de sucre qui se gardent de trop concentrer les produits pauvres en sucre et riches en impuretés; car alors ces produits, tout en étant dans un état de sursaturation plus grande et conséquemment devant donner une cristallisation plus abondante, prendraient une telle consistance

que la cristallisation n'aurait plus lieu. La cause de la suspension de formation de cristaux est tellement dans la viscosité, que si on maintient ces mêmes sirops à une température qui les fluidifie même en diminuant momentanément leur sursaturation, ils cristalliseront abondamment. On peut en trouver une preuve visible; si on remplit une éprouvette de sirop sucré pur et légèrement visqueux, et qu'on expose cette éprouvette d'un seul côté à la chaleur, la viscosité est amoindrie du côté de la chaleur seulement, et toute cette paroi se tapisse de cristaux à l'exclusion des autres.

Les sels minéraux ou organiques déliquescents empêchent donc la cristallisation et sont mélassigènes; dans quelle proportion le sont-ils? c'est une question difficile à élucider, on ne pourra y arriver qu'en cherchant à exprimer par des nombres les degrés de viscosité des sirops et à déterminer pratiquement leur coefficient mélassigène; nous tenterons cette étude plus tard.

Nous avons dit que les produits visqueux étaient mélassigènes pour les sels aussi bien que pour les sucres; c'est logique, les lois de la cristallisation étant générales, quel que soit le produit cristallisable. Nous trouverons des faits à l'appui de ce que nous avançons dans l'examen rapide des circonstances des cristallisations salines produites par la concentration des sirops d'exosmose.

On sait que M. Dubrunfaut, illustré par tant de grandes créations, a rendu industriel l'emploi de l'osmose, découverte par Graham et étudiée par Dutrochet, et l'a appliquée à l'épuration des sirops de sucrerie. Dans le travail osmotique, la mélasse absorbe de l'eau par endosmose, et perd par exosmose une notable partie des sels qu'elle contenait, ainsi que des produits déliquescents et diffusibles et une certaine proportion de sucre. Si on concentre ces eaux jusqu'à 40 à 42° Baumé, on a un sirop sursaturé de sels qui contient de 26 à 28 pour 100 de sucre; 30 à 35 pour 100 de sels à l'état de cendres, et des matières organiques indéterminées. Mais la cristallisation de ces sels est confuse et on n'arrive guère à en séparer que 6 à 7 pour 100 de la masse; ce sont du chlorure de potassium et du salpêtre généralement. Une concentration plus énergique est inutile, la viscosité s'oppose à toute cristallisation ultérieure. On voit donc que si l'osmose a épuisé le sirop d'endosmose et l'a rendu cristallisable en partie, c'est bien plutôt au départ des matières déliquescentes mélassigènes qu'au départ des sels que cette amélioration est due, et l'influence mélassigène des matières déliquescentes, au lieu

de se faire sentir sur le sucre, s'est reportée en partie sur les sels d'exosmose. L'enlèvement des sels aura eu cependant sa part d'effet utile en diminuant l'importance de la cristallisation des sels simultanément avec le sucre et en augmentant le titre de celui-ci.

Mais rien n'est simple dans cette action, les substances mélassigènes déliquescentes, en exerçant leur influence sur les sels et en les empêchant aussi de cristalliser, augmentent de viscosité par le fait même du maintien en dissolution des matières salines, qui ont en propre une densité considérable et une affinité variable pour l'eau. Les sels concourent donc *avec les substances déliquescentes à former un tout visqueux et essentiellement mélassigène* qui empêche la cristallisation du sucre, lorsque celui-ci est assez raréfié pour ne plus pouvoir suffisamment sursaturer l'eau de la solution et vaincre l'influence mélassigène par une puissance de cristallisation importante.

En présence de ces faits, il semble que *l'application d'un coefficient mélassigène aux sels, qui n'ont aucune influence chimique*, soit essentiellement illogique, et qu'on ne peut baser aucune certitude sur une telle manière de calculer. Il est notoire que suivant le mode de fabrication du sucre, suivant la perfection de l'épuration, la cristallisation s'arrêtera quelquefois lorsque le sucre et les sels seront dans la proportion de *quatre de sucre* pour *un de sels*, et même avec des quantités de sucre supérieures encore lorsque les sirops seront très-imparfaitement épurés. En d'autres cas, ces rapports s'abaisseront dans un travail excellent, *comme nous l'avons vu chez M. Woussen*, jusqu'à 2,50 de sucre pour un de sels. Il est évident que la valeur apparente de ce coefficient salin est en tous cas variable et qu'on ne peut dire rigoureusement que les sels empêchent une quantité quelconque de sucre de cristalliser.

Cependant un mode pratique d'apprécier la richesse du sucre est devenu absolument nécessaire. Nous avons dit que M. Dubrunfaut avait indiqué comme coefficient salin le chiffre de 3,74 et pour le simplifier avait concédé le nombre 4; M. Monnier a établi un chiffre un peu plus faible, surtout pour les mélasses de raffinerie. Ces nombres concordent avec les nombreuses analyses de mélasses que nous avons faites; analyses qui donnent généralement un rapport moyen de sucre aux sels de $\frac{45}{12} = 3,75$. Enfin ce même rapport tiré des analyses de mélasse de raffinerie que nous citons dans notre tableau, au chapitre du glucose, établit un coefficient moyen de 3,54,

le coefficient du glucose compté pour *un*. Tous ces nombres et l'avis autorisé que nous rappelions plus haut indiquant d'abord que le coefficient 5 adopté encore aujourd'hui, n'a pas de fondement justifiable, ils expliquent ainsi le rapprochement qui faisait admettre que la cristallisation s'arrêtait lorsqu'il y avait environ 3,5 à 4 parties de sels pour une de sucre, et la conclusion qu'on en avait tirée, que les sels empêchaient la cristallisation dans ces proportions. On ne s'est guère trompé de nombre, mais de *cause*, on a considéré comme *mélassigènes* des produits qui n'étaient pour ainsi dire *que témoins proportionnels*. Il est assez exact de dire qu'en même temps que les sels s'accumulent dans les sirops par la cristallisation du sucre, les impuretés organiques suivent la même progression, et comme ces impuretés sont indosables, rien ne s'oppose à ce qu'on dose les sels qui les représentent à peu près proportionnellement et qu'on leur attribue le pouvoir qui appartient à d'autres substances. En résumé, le procédé est faux en théorie et acceptable en application.

On trouvera dans le tableau des coefficients pratiques applicables au glucose tiré des analyses de mélasses de raffinerie, la preuve que le coefficient *quatre* attribué aux sels est toujours un peu trop fort si on donne au glucose un coefficient de *un*, mais nous ne nous appesantirons pas sur ce sujet et nous admettrons que le coefficient *quatre* est très-près de l'exactitude pratique.

Nous avons dit que les sels n'étaient pas par eux-mêmes mélassigènes, et que ceux qui se trouvaient mélangés au sucre étaient en presque totalité des *sels cristallisés minéraux;* et qu'enfin si, dans la mélasse épuisée, les sels sont témoins proportionnels des matières visqueuses mélassigènes, dans le sucre cette même proportionnalité n'existe plus, puisque les matières déliquescentes sont restées presque toutes dans les sirops mères. Donc, *en principe*, le coefficient *quatre*, bon pour la mélasse, est *beaucoup trop élevé pour le sucre*. Mais si on considère que pendant les nombreuses opérations de la raffinerie il se formera de nouveau des sels déliquescents par les altérations, les formations de glucates produits par l'action des alcalis sur le glucose, on verra que cette nouvelle formation mélassigène se retrouve encore en fin de travail en proportion assez constante avec les sels. Ce coefficient *quatre* appliqué à la raffinerie comprend donc les altérations pendant les opérations du raffinage.

Il est bien entendu que les pertes matérielles de sucre ou de

sirop pendant le travail du raffinage ne sont pas comprises dans ce coefficient, et que ces pertes existent nécessairement dans de nombreuses manipulations industrielles. Leur importance est d'une appréciation toute pratique, et l'administration la couvre par une tolérance de deux pour cent; c'est de toute justice, car il est certain que du *sucre raffiné parfaitement pur* soumis de *nouveau au raffinage subira au moins cette perte.*

En terminant ce chapitre des sels, nous comparerons le coefficient ancien *cinq* avec le nouveau coefficient *quatre*, en tenant compte de la modification apportée dans le poids de la prise d'essai.

L'industrie sucrière et la raffinerie avaient basé leurs calculs industriels sur la prise d'essai de 16^{gr},35 pour 100^{cc}, et ce taux constituait le raffinage en une certaine perte dont il n'avait pas conscience, son coefficient *cinq* n'était pas en réalité aussi élevé. Supposons un sucre de bonne qualité (et on n'en fera plus guère que de bons) contenant 1 pour 100 de cendres, et comparons les résultats d'analyse par les deux coefficients.

Le poids ancien de 16^{gr},35 était supposé devoir marquer 100 au saccharimètre si le sucre était absolument pur; actuellement il est admis que ce titre de 100 sera donné par 16^{gr},19 de sucre. Il y a donc une bonification de 0,16 sur 16,35, soit sensiblement un pour cent.

Le raffineur gagnera donc un pour cent. Donc l'abaissement du coefficient de *cinq* à quatre est compensé, dans un sucre contenant *un pour cent* de cendres, par une augmentation égale due au titre. Seulement, au lieu de déduire 1/10 du poids des cendres sulfatées, on propose de déduire 2/10; la perte sera donc de $1/10 \times 4 = 0,40$. Le coefficient ancien *cinq* devient donc 4,60, et comme le coefficient ancien *cinq* satisfaisait complétement la raffinerie, elle ne peut souffrir beaucoup du faible changement qui lui est apporté.

CONCLUSIONS.

1° Les sels cristallisables ne sont pas mélassigènes chimiquement, et n'empêchent pas la cristallisation du sucre.

2° Les véritables matières mélassigènes sont les substances visqueuses qui sont mélangées au sucre, et qui existent généralement en proportions assez régulières avec les sels.

3° Les sels peuvent donc avoir un coefficient à titre de témoins proportionnels.

4° Le coefficient *quatre* peut être considéré comme représentant industriellement l'influence des substances mélassigènes dans les sirops de sucrerie; le coefficient 5 est beaucoup trop élevé.

5° Ce coefficient *quatre*, appliqué au raffinage, comprend les pertes de sucre dues à l'altération pendant les opérations de la raffinerie, sauf les pertes matérielles.

6° Le coefficient nouveau *quatre* représente un coefficient de 4.50 à 4.60 d'après les procédés anciens.

III

INFLUENCE DU GLUCOSE SUR LA CRISTALLISATION DU SUCRE CRISTALLISABLE.

Comme nous l'avons dit précédemment, la présence du glucose existant en grandes proportions quelquefois dans le sucre de canne extrait, avait fait prétendre que l'analyse ne pouvait s'appliquer à ce sucre, et que l'influence mélassigène du glucose était considérable et géométriquement progressive. Nous avons déjà, dans une note publiée en décembre 1874, démontré, par des déductions tirées de faits industriels, que le glucose n'avait que peu d'influence sur la cristallisation, et que cette influence était loin d'être progressive. L'analyse des mélasses de sucrerie de canne, d'où nos conclusions étaient tirées, indiquait plutôt que souvent le glucose se substituait, dans les dissolutions, au sucre cristallisable et amenait ainsi une cristallisation surabondante.

Mais ce fait de substitution, présenté comme ressortant d'un petit nombre d'exemples, avait, disions-nous, besoin de confirmation directe. Nous allons donc reprendre cette question par analyse et par synthèse, et arriver à prouver que s'il est incontestable que le glucose finalement aura une certaine influence mélassigène, cette influence sera toujours inférieure au coefficient *un*, quelle que soit la quantité de glucose mélangé au sucre, fût-elle égale et même supérieure à celle du sucre cristallisable. Il est évident qu'un mélange de sucre pur et de glucose ne s'épuisera pas complétement de sucre par cristallisation, et qu'il arrivera un moment où le mélange aura une consistance suffisante pour ne plus permettre de cristallisation. Peut-être même, en ne considérant que le rapport de l'eau totale (tenant en dissolution et le sucre et le glucose)

avec le sucre cristallisable, ne parviendrait-on plus à sursaturer cette eau de sucre cristallisable par évaporation; M. Felz a avancé, dans un travail couronné par l'Institut industriel de Lille, que lorsque la cristallisation n'était plus amenée par la vaporisation de l'eau du sirop, c'était une indication que la somme des impuretés était suffisante pour ne plus permettre la sursaturation sucrée de l'eau. Ce point de vue est très-probable dans certains cas, mais nous ne pensons pas qu'il puisse avoir une valeur générale, car il est certain que beaucoup de mélasses ne cristalliseront plus, même lorsque l'eau sera sursaturée de sucre.

Mais lorsqu'un mélange de glucose et de sucre sera épuisé par des cristallisations successives et qu'il cessera de cristalliser, l'analyse démontrera que la proportion du glucose restant dans le sirop mère est supérieure à celle du sucre cristallisable, et que conséquemment *le coefficient glucosique est, dans les cas les plus défavorables, inférieur à* 1, environ 0.70 au maximum.

Avant de rendre compte de nos expériences, il est utile de bien examiner quelques-uns des caractères du glucose, pour nous convaincre que si nous concluons à la négation de son influence mélassigène, la théorie ne nous donnera pas tort. On considère comme essentiellement mélassigènes les colloïdes et les substances visqueuses. Le glucose est-il un colloïde? a-t-il une viscosité extraordinaire?

1° Le glucose n'est pas un colloïde, car il se dialyse, et, bien qu'il ait perdu quelques-uns des caractères du sucre cristallisable et qu'il en ait acquis d'autres, il n'a pas cessé d'être un sucre.

2° Le glucose est moins visqueux que le sucre cristallisable; en effet :

Une solution saturée à froid (à 36° Baumé) de sucre cristallisable a été partagée en deux parties; la première a été intervertie par une longue ébullition en présence de l'acide chlorhydrique, et ramenée au volume initial. Les deux sirops, à volume égal, ont été passés par un entonnoir effilé, pour comparer la durée d'écoulement de chacun d'eux.

Le sirop de sucre cristallisable a coulé en 7 minutes 30 secondes.

Le sirop interverti ou glucose a coulé en 6 minutes 30 secondes.

Donc la viscosité du sirop de glucose n'est que les $\frac{6,30}{7,30} = 0,86$ centièmes de celle du sirop de sucre.

Nous avons tiré une autre preuve de la moindre viscosité des solutions de glucose, de la température d'ébullition des deux sirops. Un des sirops, composé de sucre cristallisable, a atteint le point de cuite industriel à 112° centigrades de température; le mélange en parties égales des deux sucres n'a atteint cette preuve qu'à 118 à 119°; ainsi l'évaporation et la sursaturation ont été possibles.

Aucun caractère n'indique donc que le glucose doive être rangé dans la classe des colloïdes et des produits visqueux.

On peut admettre comme point de départ indiscutable qu'une mélasse normale, ayant donné du sucre en quantité notable en dernière cristallisation, peut être considérée comme contenant les quantités de matières étrangères qui s'opposent pratiquement à la cristallisation du sucre qu'elle renferme encore. En effet, ces mélasses ont cristallisé d'une façon continue jusqu'au moment où *un certain rapport* entre le sucre, les sels, le glucose et les autres substances s'est établi, et où toutes ces substances ont ralenti et finalement arrêté la cristallisation. La comparaison quantitative de ces divers éléments doit indiquer dans quelle proportion ces matières étrangères se trouvent relativement au sucre, et cette proportion sera la mesure de leur influence active sur la cristallisation. Il est étonnant que l'examen des mélasses provenant du travail des cannes à sucre n'ait pas plus tôt éclairci la question; la mélasse de sucrerie indigène et la mélasse de raffinerie avaient déjà servi de base d'étude à M. Dubrunfaut pour déterminer les coefficients salins applicables aux sucres de betteraves; les raisons qui les avaient fait admettre existaient également pour le sucre de canne. L'analyse des mélasses et des sirops non épuisés que nous donnons dans le tableau suivant servira donc à apprécier les coefficients réels glucosiques des divers échantillons pris pour exemple. Nous aurons ainsi une première donnée tirée de l'analyse des résidus, nous la confirmerons ensuite par synthèse directe.

M. Monnier fait remarquer que les mélasses de cannes épuisées ne doivent pas contenir plus de 32 p. 100 de sucre cristallisable; il a parfaitement raison, de nombreux exemples le prouvent. De ce qu'un certain nombre d'échantillons en contiennent davantage, il faut conclure qu'ils n'étaient pas complétement épuisés. Il faut bien se souvenir que dans certains pays, en Angleterre et en Hollande, les raffineurs n'ont pas avantage à épuiser complétement leurs derniers sirops, car ils les vendent pour la consommation directe.

ANALYSES DIVERSES DE MÉLASSES DE CANNE A SUCRE ET DE SIROPS DE CANNE NON ÉPUISÉS.

NUMÉROS D'ORDRE.	NATURE DU SIROP.	SUCRE cristallisable.	GLUCOSE.	SELS.	DÉDUCTION au coefficient salin 4.	DÉDUCTION afférente au glucose.	EAU.	NON SUCRE organique.	NOM DES OPÉRATEURS et sources des exemples cités.
1	Mélasse épuisée espagnole..........	29.17	29.95	8.32	33.28	négative.	25.00		Durin.
2	Id. Id.............	33.00	24.00	8.10	32.40	0.07			
3	Mélasse non épuisée espagnole.....	38.98	17.32	10.31	40.24	négative.			
4	Sirop non épuisé, raffinerie anglaise.	46.55	31.20	4.20	16.80	0.96			
5	Mélasse épuisée, Nantes............	29.00	32.50	2.10	8.40	0.63			Émile Monnier, *Saccharimétrie optique* de l'abbé Moigno.
6	Id. Id.	32.50	23.70	3.90	15.60	0.71			
7	Id. Marseille...........	35.00	28.10	3.60	14.40	0.73			
8	Id. le Havre..........	37.00	31.00	2.80	11.20	0.83			
0	Id. Id.	38.00	26.00	3.00	12.00	1.00			
10	Id. Bordeaux.	40.50	28.00	3.10	12.40	1.00			
11	Sirops de raffinerie................	31.30	29.00	3.20	12.80	0.64	22.9	13.60	Le docteur Gutting, extrait de son Rapport au Ministre des finances des Pays-Bas.
12	Id. Plus ou moins épuisés......	34.40	30.50	3.20	12.80	0.86	26.1	5.80	
13	Mélasses Indes-Orientales...........	32.10	25.00	9.40	37.60	négative.	16.2	17.30	
14	Sirops de raffinerie...............	40.10	35.70	2.0	8.00	0.90	18.50	3.70	
15	Id. d'Amsterdam...............	47.10	33.80	1.0	4.00	1.27	16.00	2.10	
16	Id Id.....................	47.50	17.60	5.20	20.80	1.60	20.00	9.70	
17	Id. Id.....................	42.30	19.50	7.40	29.60	0.65	19.20	11.50	
	MÉLASSES DE RAFFINERIES PARISIENNES.								
	SUCRE INDIGÈNE.								
18	Mélasses parisiennes...............	44.00	8.00	9.50	38.00	0.75			Émile Monnier, *Saccharimétrie optique* de l'abbé Moigno.
19	Id...........................	43.00	7.50	10.00	40.00	0.40			
20	Id...........................	42.50	8.00	10.40	41.60	0.11			
21	Id...........................	45 00	6.00	11.00	44.00	0.17			
22	Id...........................	45.50	5.50	11.10	44.40	0.10			

Du tableau précédent nous tirons les conséquences suivantes :

1° Les analyses n° 1, 2 et 13 donnent un coefficient glucosique négatif; c'est-à-dire que, malgré la présence de quantités considérables de glucose, le coefficient *quatre* appliqué aux sels donne à lui seul une déduction plus considérable que la totalité du sucre cristallisable. Ce fait est important à considérer, car il confirme plusieurs points de cette note; il indique que les sels ne sont pas mélassigènes ou que le glucose ne l'est point, puisque les sels au coefficient *quatre* suffiraient à arrêter la cristallisation, et que d'un autre côté, *dans un des cas*, le glucose au coefficient *un* aurait également suffi. Mais nous n'en tirons pas des conséquences aussi absolues, nous pensons seulement que le sirop de canne à sucre étant beaucoup plus pur que le sirop de betteraves, et contenant beaucoup moins de matières organiques (1), les sels dans ces sirops n'indiquent pas la présence coïncidente d'une proportion aussi considérable de produits organiques visqueux, et conséquemment le coefficient salin propre à la représentation de ces produits dans le jus de betteraves est trop élevé dans le vesou. Nous avons parlé de l'inégalité du coefficient salin suivant la purification industrielle du sirop de betteraves, nous trouvons ici une preuve naturelle de cette inégalité. De plus, si le glucose a un coefficient de beaucoup inférieur à *un*, il en a un nécessairement.

2° Dans presque tous les autres cas le coefficient du glucose est inférieur à *un*, la moyenne de tous les coefficients positifs inférieurs à *un* est de 0,71. Si on s'en rapporte à l'opinion de M. Émile Monnier, confirmée par les faits, un épuisement complet devrait faire descendre à 32 pour 100 environ la proportion de sucre cristallisable, et dans ce cas presque tous les coefficients du glucose deviendraient *voisins de zéro*. Donc encore dans ces exemples le coefficient salin *quatre* serait trop fort et le coefficient glucosique inférieur à *un*.

3° Dans deux exemples le coefficient du glucose s'élève à 1,27 et à 1,60, mais ces sirops ne sont pas épuisés, car ils contiennent peu de sels ou peu de glucose, et 47 pour 100 *de sucre cristallisable.*

4° Enfin, dans plusieurs cas, la quantité d'eau est de beaucoup

(1) Comme preuve industrielle, la mélasse de betteraves représente environ 3 pour 100 du poids de la racine, la mélasse de canne 1 1/2 pour 100 du poids de la canne et en outre elle contient moins de sucre.



supérieure à la moitié du sucre cristallisable, donc il y a eu substitution de glucose au sucre dans la solution.

5° *Les mélasses des raffineries parisiennes donnent toutes, avec un coefficient salin de quatre, des coefficients glucosiques inférieurs en moyenne à* 0,33.

6° En résumé, d'après les conclusions à tirer de ces analyses, non-seulement les coefficients à admettre *pour le sucre de betteraves* sont *applicables au sucre de canne*, mais encore ils sont *trop élevés*.

Cependant, pour plus de simplification, on peut les confondre; un raffineur de sucre de canne, dont nous avons visité l'établissement en détail, et qui nous a communiqué ses carnets d'analyse, nous a dit que pour le contrôle de ses comptes industriels, il attribuait aux sucres bruts qui entraient chez lui *un coefficient* de *un* pour le glucose et un coefficient de 3 à 3,5 *pour les sels*, et qu'à la fin de l'année ses résultats moyens se trouvaient concorder avec ses évaluations d'entrée.

Après avoir examiné l'influence du glucose d'après l'analyse des mélasses, nous avons voulu confirmer les conclusions précédentes par des essais synthétiques.

Étude du coefficient glucosique par synthèse.

1er Essai : Solution composée de :

Eau	466 gr.
Sucre cristallisable pur	937
Sucre interverti	198
Soit Eau	100
Sucre cristallisable	200
Glucose	42

Il y a eu faible cristallisation, on a retiré 50 grammes de sucre en gros cristaux, la solution devenait alors :

Eau	466	100
Sucre cristallisable	887	190
Glucose	198	42

Il y a donc eu une faible cristallisation, malgré le glucose qui aurait dû avec *un coefficient mélassigène chimique quelconque empêcher toute cristallisation*. En outre le point de saturation du sucre pur avait baissé, donc il y avait substitution partielle de glucose au sucre dans la solution.

2e Essai :	Eau	359	100
	Sucre cristallisable	648	180
	Glucose	598	167

Cette solution avait été composée dans les conditions nécessaires pour contenir quantité égale des deux sucres, mais l'interversion n'a pas été tout à fait complète.

Nous avons eu une cristallisation faible, mais continuant encore quoiqu'il y ait plus d'eau qu'il ne faudrait pour empêcher toute cristallisation et quantité égale de glucose à peu près.

Nous avons donc encore ici des indices de cristallisation et l'action n'est pas terminée, quoiqu'il y ait moins de sucre cristallisable que l'eau seule en peut dissoudre; donc influence chimique mélassigène du glucose nulle, et substitution visible du glucose au sucre.

Mais ces deux résultats, tout en étant nettement caractérisés, n'étaient pas aussi largement concluants que nous l'aurions désiré, et pour en trouver la cause, nous avons évaporé *au point de cuite des sucreries*, ce sirop mélangé en parties sensiblement égales de sucre cristallisable et de glucose. Les conditions ont immédiatement changé, *une cristallisation très-abondante* s'opère; lorsqu'elle sera terminée, il est certain que la quantité de sucre cristallisable existant dans le sirop mère sera de beaucoup inférieure à celle du glucose, et que le coefficient du glucose ne sera pas au-dessus de 0,50 à 0,60. Il y a déjà dans le vase où la cristallisation s'effectue un tiers de la masse composé de cristaux fortement agglomérés, et le sirop est rempli de grains en suspension. Désirant amener ce dernier essai à un résultat complet, nous en rendrons compte lorsque la cristallisation sera entièrement terminée.

Il résulte de ce fait que la cristallisation du sucre dans un milieu assez consistant est difficile lorsque l'eau approche de son point de désaturation; il y a alors une influence physique notable en opposition avec une puissance de cristallisation assez faible. Mais si, comme nous l'avons fait, on sursature cette eau par évaporation, et si on maintient la fluidité par une chaleur suffisante, la force cristalline l'emporte, et malgré la présence d'une quantité de glucose supérieure à celle du sucre, ce sucre cristallise en grande partie.

Nous rappellerons enfin l'expérience mixte de cristallisation de sucre avec sels et glucose relatée au chapitre des sels pour établir que dans cet essai le glucose n'avait pas eu de coefficient, mais de plus s'était substitué partiellement au sucre dans la solution.

Résumé des expériences de cristallisation en présence du glucose.

1° Lorsque la quantité de glucose n'est pas suffisante pour donner au sirop une consistance notable, non-seulement ce glucose n'a de coefficient mélassigène ni chimique ni physique, mais encore diminue la solubilité de sucre cristallisable en se substituant partiellement au sucre dans la solution.

2° Lorsqu'il y a dans la solution de sucre et de glucose une quantité à peu près égale des deux sucres, et une quantité d'eau un peu supérieure à celle qui, dans une solution de sucre pur, serait nécessaire pour dissoudre ce sucre, la cristallisation est extrêmement ralentie par la consistance du milieu, mais même dans ce cas le glucose n'a qu'un coefficient transitoire de *un* (l'eau étant négligée).

3° Si on concentre ce sirop *au point de cuite*, ce qui se fait toujours en industrie, la cristallisation s'opère abondamment et fait descendre le coefficient *bien au-dessous de un*, la cristallisation se fait en masse, le coefficient aujourd'hui est 0,80, et s'abaissera encore beaucoup.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES.

1° Le coefficient nouveau *quatre* représente un coefficient de 4,60 avec les bases anciennes.

2° Ce coefficient salin *quatre* est toujours suffisant et généralement un peu supérieur à la réalité, il comprend les altérations pendant les opérations du raffinage.

3° Le coefficient du glucose est dans la plupart des cas sans importance, mais comme ce glucose peut devenir abondant par son accumulation dans les derniers produits, il est juste de lui donner un coefficient; et pour favoriser plutôt l'industrie que le trésor, de prescrire un coefficient de *un* pour le glucose quelle qu'en soit la quantité, à partir d'une richesse de 2 à 3 pour 100 de glucose dans le sucre brut.

4° Les coefficients salins et glucosiques applicables au sucre de betteraves, le sont également au sucre de canne, *ils sont même trop forts pour ce dernier sucre;* mais pour simplifier les opérations, il vaut mieux les assimiler l'un à l'autre; l'analyse est donc également applicable au sucre de betteraves et au sucre de canne, et les mêmes bases leur conviennent.

IV

CONDITIONS PRATIQUES A TIRER DE L'ACTION DES SELS PENDANT LA CRISTALLISATION DU SUCRE.

Il résulte de l'examen des conditions dans lesquelles cristallisent le sucre et les sels, que la cristallisation des sels a lieu simultanément avec celle du sucre, mais en raison inverse de leur solubilité dans l'eau. On voit donc que la présence du sucre ne modifie pas les propriétés générales des sels. Le sulfate de potasse doit donc cristalliser très-rapidement, probablement même dans les premiers jets, et surtout dans le sucre blanc de cuite en grains où la concentration est telle que la masse ne contient plus que 7 à 8 pour 100 d'eau. Comme correctif, il est bon de remarquer que la consistance du sirop et la rapidité de la cristallisation empêchent peut-être cette cristallisation, dans la cuite en grains. Il est selon nous impossible d'éviter cette cristallisation, mais il faut dire que le sulfate de potasse n'est pas généralement abondant dans les sirops.

Le nitrate de potasse cristallisera ensuite; il n'est pas plus soluble dans le sirop sucré que dans l'eau pure, mais il faut remarquer que ce sel est peu soluble à froid; à 15°, il est dissous environ dans quatre fois son poids d'eau; par contre il est extrêmement soluble à chaud; 100 parties d'eau bouillante en dissolvent environ 250 parties. Il est donc évident qu'il y aura avantage, lorsqu'on aura des sirops contenant beaucoup de salpêtre, à opérer la cristallisation à une température élevée, dût-on pour cela concentrer un peu plus le sirop.

Le chlorure de potassium donne lieu à la même observation, mais les écarts de solubilité avec la température sont bien moins considérables.

Le chlorure de sodium cristallisera de toutes façons, quelle que soit la température de cristallisation.

En résumé, le fabricant aura toujours avantage à élever jusqu'au point d'ébullition à la pression atmosphérique, les sirops de *deuxième* et *troisième jet*, cuits dans le vide, avant de les faire couler dans ses réservoirs de cristallisation, et à les laisser refroidir lentement au fur et à mesure de cette cristallisation. Il obtiendra ainsi des cristaux plus gros, plus limpides, et il aura du sucre d'un

titre salin moins élevé, surtout s'il termine la cristallisation à une température relativement haute. Chaque fois que le sirop sortira à basse température de l'appareil à cuire dans le vide, la cristallisation sera confuse, mélangée de sels qui se nourriront dans la suite; et le sucre renfermera le maximum de sels. Le calcul de la valeur du sucre tel quel, et de l'importance des frais de refonte, indiqueront aussi au fabricant s'il n'aurait pas souvent avantage, lorsqu'il aura dans son usine les appareils de cuite en grains, à fondre ses sucres de *deuxième* et *troisième jet*, aussi bien turbinés que possible dans ses sirops de *premier jet* et à les faire sortir à l'état de sucre blanc. Il éviterait ainsi en partie les déductions salines qui amoindrissent avec excès la valeur vénale de ses sucres inférieurs. Il est tout naturel que les sirops de *deuxième* et *troisième jet*, résultant du travail par la cuite en grains, soient moins riches que ceux obtenus à la suite d'un travail à air libre. Le sucre blanc étant plus pur que le sucre de premier jet à air libre, laisse toutes les impuretés dans les sucres obtenus ultérieurement; mais des précautions raisonnées peuvent diminuer l'influence désavantageuse des sels.

Outre leur influence sur la richesse commerciale du sucre, les nitrates en ont une autre qui se fait sentir dans le cours de la fabrication. Lorsque les sirops de deuxième et troisième jet sont devenus très-légèrement acides avant la cuite, il est très-probable qu'ils éprouveront le phénomène appelé improprement fermentation. Cette fermentation sera bien plus probable encore, si, à partir de la carbonatation, le jus a été neutralisé trop complétement. Ce jus faible s'il n'est pas immédiatement concentré, et surtout s'il séjourne dans les filtres à noir, éprouve une altération particulière; il devient nuageux, éprouve une transformation glucosique partielle et s'acidifie. Il est à peu près certain que le sirop provenant de ce jus éprouvera cette fermentation apparente dont nous avons parlé.

Il est évident que le mot fermentation est impropre, toutes les conditions dans lesquelles se trouve le sirop s'opposant à une fermentation véritable; en effet:

1° La densité du sirop est telle que, loin de pouvoir fermenter, il devient antiseptique (propriété du sucre en grandes proportions) et peut servir à préserver d'altération les ferments alcooliques qu'on y mélangeait.

2° La fermentation ne peut s'établir qu'à une température peu élevée, tous les ferments organisés sont tués à une température

supérieure à 50°. Or, la fermentation des sirops n'a lieu qu'au-dessus de cette température et elle s'arrête généralement avec le refroidissement de la masse.

3° Il arrive quelquefois qu'un sirop parfaitement sain au moment où il tombe dans le bac de cristallisation, éprouve cette fermentation après quelque temps, si le bac est placé à côté d'un foyer de chaleur trop ardent; ce n'est donc pas dans ce cas la nature du sirop, mais bien l'effet de la chaleur qui provoque la fermentation.

M. Dubrunfant a constaté souvent la présence des nitrites ou de l'acide nitreux dans les sirops de betteraves.

M. Maumené a observé dans certains cas des vapeurs rutilantes d'acide hypoazotique dans les appareils d'évaporation dans le vide au moment où le sirop se mettait en ébullition. M. Maumené a attribué ce dégagement à la présence de l'acide azotique, devenu libre par la décomposition de l'azotate d'ammoniaque qui se trouve toujours dans le jus de betteraves après les traitements calciques. C'est à une action du même genre qu'il faut rapporter le phénomène appelé fermentation dans les sirops. L'acidification de la masse et la haute température favorisent les réactions des azotates sur le sucre; il y a alors toujours dégagement d'acides nitreux et d'acide carbonique avec production de glucose; et le sirop éprouve les caractères physiques d'une fermentation ordinaire avec dégagement de gaz. Mais en réalité les phénomènes observés sont dus à une action chimique et non à une action vitale; cette réaction s'exagère dans quelques cas, au point de déterminer des combustions spontanées, lorsque le sirop, contenant beaucoup de nitrates, a perdu une grande partie de son eau, par une exposition accidentelle à une trop forte chaleur.

L'influence des nitrates sur la prétendue fermentation est rendue plus probable encore, par la comparaison des sirops de betteraves qui en contiennent beaucoup, avec les sirops de canne qui n'en renferment guère. Ces derniers sont presque toujours acides et cependant n'éprouvent pas généralement ce genre de fermentation. Il y a donc lieu de la rapporter à une oxydation des éléments du sirop par la réduction des nitrates.

Dans les fermentations alcooliques, on remarque aussi quelquefois la fermentation nitreuse, il se dégage alors des torrents d'acide hypoazotique; ce dégagement ne caractérise pas un genre spécial de fermentation, mais paraît être la conséquence des fermentations

lactique et butyrique parallèles. Ces actions n'ont lieu que lorsqu'il n'a pas été ajouté des quantités suffisantes d'acides minéraux avant le commencement de la fermentation, ou quand le ferment est altéré. L'acidité nécessaire à la vie du ferment se développe alors en empruntant de l'oxygène aux nitrates; peut-être y a-t-il aussi dans les fermentations parallèles des dégagements d'hydrogène à l'état naissant qui réduisent les nitrates en sous-sels. Toujours est-il qu'une fermentation saine et purement alcoolique ne produit jamais de dégagements nitreux, quelle que soit la quantité de nitrates existant naturellemnt dans le moût en fermentation, ou ajoutée volontairement.

Lorsque la fermentation se déclare dans les sirops, il faut donc soigner la qualité du jus et empêcher toute acidification dans le travail, mais ne pas avoir une crainte exagérée du contact des sirops sains et des sirops fermentés; car il n'y a pas là d'action transmissible.

Un des moyens préservatifs à employer est l'ébullition du jus en présence d'une quantité de chaux en excès, l'ammoniaque est chassée et remplacée par la chaux dans ses combinaisons, il n'y a plus à craindre alors, dans la suite des opérations, d'acidifications par décomposition des sels ammoniacaux.

Au laboratoire de culture du Muséum, le 27 août 1875.

LES PHOSPHATES DU CHER

PAR

M. PÉNEAU

Directeur du laboratoire de la station agronomique du Cher.

Depuis longtemps M. Ebray avait signalé au-dessous de la craie glauconienne, et au sommet des sables jaunes de la Puysaye, une couche de graviers renfermant de nombreux fossiles et appartenant par sa faune au gault supérieur, mais il ne paraît nulle part avoir reconnu à ce niveau la présence des phosphates. M. Isidore Merle, ancien exploitant de phosphates dans le midi de la France, semble avoir découvert le premier, vers 1871, la présence de la précieuse substance dans les graviers de la ferme des Cadoux sur la rive droite

de la Loire. Guidé par les cartes géologiques et la description de MM. Bertera et Ebray pour la Nièvre, Boulanger et Bertera pour le Cher, il explora avec soin la région comprise entre Vailly et la Loire, reconnut la position et l'étendue du dépôt, et entreprit les premiers essais d'exploitation.

Les phosphates exploités dans le nord du département du Cher forment une couche mince qui occupe un horizon géologique parfaitement défini à la limite des marnes blanches de la craie glauconienne et des sables jaunes ferrugineux de la Puysaye. Le contraste de couleurs parfaitement reconnaissable sur le terrain est un guide sûr qui permet de suivre facilement l'horizon dont il s'agit.

Si de la ferme des Cadoux on passe sur la rive gauche de la Loire dans les environs de Léré, on reconnait que le sol est occupé par le terrain tertiaire, et au-dessous on voit apparaître dans les vallées la partie supérieure des marnes crayeuses. Un peu avant d'arriver à Savigny, on rencontre un grand accident géologique connu sous le nom de faille de Sancerre. A une époque relativement peu ancienne, le sol s'est ouvert suivant une ligne dirigée à peu près du nord au sud, et la partie du terrain située à l'ouest de la fracture a été élevée à plus de 200 mètres relativement à la partie située à l'est. Aussi, dans les environs de Savigny, voit-on affleurer de tous côtés les couches argilo-sableuses plus anciennes que la couche de phosphates. Au-dessus, les premiers sommets se font remarquer par leur couleur blanche, et leur nom (signal des marnes d'Assigny) indique qu'ils sont formés par les marnes crayeuses.

C'est à mi-côte que les affleurements de cette couche sont indiqués sur la carte géologique du Cher, et c'est là en effet que les exploitations ont été établies.

Quand on se dirige de Sancerre vers Vailly, le gîte se présente dans les mêmes conditions, et on l'a reconnu à peu de distance au dessous des marnes de Menetou-Ratel.

A partir de ces deux points extrêmes en se dirigeant vers le nord-ouest, on peut suivre la couche d'une manière continue, et toujours à mi-côte. On reconnaît qu'elle présente un plongement faible (en moyenne de 4 à 5 mm. par mètre) dans cette même direction. De telle sorte que les marnes crayeuses se développent de plus en plus, les sables de la Puysaye se rapprochent du fond des vallées, et finissent par disparaître complétement au delà de Vailly dans la vallée de la Grande-Sauldre, à Pierrefitte dans la vallée de la rivière de Notre-

Heure; avec eux la couche de phosphates s'enfonce définitivement sous les marnes crayeuses recouvertes elles-mêmes par les sables tertiaires de la Sologne.

Voici quelle est la coupe de la couche en exploitation :

Vers la partie inférieure, les marnes blanches se chargent de plus en plus d'argile et de points verts foncés de silicate de fer, et passent à une argile glauconienne de couleur verdâtre. C'est immédiatement au-dessous de cette argile que commence la couche de phosphates dans laquelle on peut distinguer 3 zones :

La première ayant à peu près 1 mètre d'épaisseur est formée par l'argile glauconienne dans laquelle le phosphate ne se trouve qu'en très-petite quantité à l'état de fossiles ou de nodules.

L'épaisseur de la seconde zone varie de $0^{m}18$ à $0^{m}40$, elle est formée par un sable argileux de couleur gris verdâtre, renfermant en grande quantité des nodules dont les formes et les dimensions varient à l'infini; tantôt ils consistent en rognons ayant généralement la forme de galets, tantôt ils résultent de l'agglomération de fossiles divers et même de débris ligneux empâtés dans un ciment phosphaté qui renferme toujours une certaine quantité de graviers quartzeux; on y a même trouvé quelques débris d'os des corps allongés ressemblant aux coprolithes.

Les coquilles fossiles appartiennent à un grand nombre d'espèces, parmi lesquelles nous citerons seulement l'*ammonites inflatus*, caractéristique d'un horizon géologique bien défini.

La troisième zone, dont l'épaisseur n'est que de 10 centimètres, est formée de sable jaune et renferme seulement des nodules disséminés affectant le plus souvent la forme de galets arrondis, c'est là qu'ils présentent leur plus grande richesse en phosphate. La seconde zone constitue la véritable couche de phosphates; en l'exploitant, on prend en même temps la troisième. Dans la première, les nodules sont trop disséminés dans une couche épaisse, et de trop petite dimension pour pouvoir être recueillis. Tout ce qui vient d'être exposé est extrait des rapports de MM. Douvillé et de Grossouvre, ingénieurs des mines, au conseil général du Cher.

J'ai fait l'analyse des principaux types de ces phosphates. Voici quels en sont les résultats.

Analyse d'une térébratule :

Silice (fluor)	60 55
Acide phosphorique	15 96
Acide carbonique	0 48
Chaux	20 01
Alumine, oxyde de fer	3
Traces de sulfates	

Analyse d'un nodule présentant la forme d'un galet et l'aspect d'un calcaire blanc très-dur.

Silice (fluor)	13 96
Acide phosphorique	38 39
Acide carbonique (traces)	
Chaux	46 05
Alumine, oxyde de fer	1 60

Analyse d'une masse de sable quartzeux aggloméré par un ciment de phosphate de chaux.

Sable quartzeux, argile	74
Fluor (traces)	
Oxyde de fer, alumine	1 20
Phosphate de chaux	24 80

Le ciment phosphaté soluble dans l'acide chlorhydrique est, comme il est facile de le voir, très-riche en acide phosphorique, et peut très-bien se prêter à la fabrication des phosphates précipités.

Analyse d'un bois fossile phosphaté.

Acide carbonique, humidité, matières organiques	11 96 renfermant	Carbone organique	0 12
		Azote	0 02
Silice	0 50		
Acide phosphorique	33		
Chaux	51 36		
Oxyde de fer, alumine	3 18		
Traces de sulfates			

Le carbone organique a été dosé par deux méthodes différentes après élimination des carbonates :

1° Par l'analyse classique au moyen de l'oxyde noir de cuivre;

2° Par l'oxydation de la matière au moyen du bichromate de potasse et de l'acide sulfurique indiquée par M. Dehérain dans son traité de chimie agricole.

Ces deux méthodes ont donné les mêmes chiffres. — Quelques portions de l'exploitation des phosphates du Cher ont présenté une richesse moyenne de 45 pour cent en phosphate de chaux. La proxi-

mité du gisement du canal de la Grande Sauldre qui se termine à Blancafort, et sa situation sur la lisière de la Sologne, contribueraient certainement à l'amélioration de ce pays déjà singulièrement transformé par les marnages et les progrès de la culture.

Les phosphates du Cher trouveront aussi un écoulement facile par le canal latéral de la Loire et par le chemin de fer qui passe à Sancerre. Tout fait donc espérer que leur exploitation apportera un abaissement notable au prix des phosphates pour les départements du centre et un nouvel élément de richesse pour la France.

RECHERCHE DE L'OLÉOMARGARINE MÉLANGÉE AU BEURRE

PAR

M. G. LECHARTIER

Professeur de chimie à la Faculté des sciences de Rennes.

L'oléomargarine de M. Mège-Mouriès, que l'on désigne aussi sous le nom de *beurre artificiel* et de *beurrine*, ressemble beaucoup au beurre par son aspect, ses propriétés physiques et sa composition. Sans en avoir exactement la saveur, elle peut le remplacer dans un certain nombre d'usages et, en présence de l'augmentation continue du prix du beurre, on conçoit qu'elle puisse prendre place parmi les produits acceptés par l'homme pour son alimentation.

On a mis en vente des mélanges de beurre et d'oléomargarine. Cette opération n'est pas répréhensible lorsque le vendeur désigne sous le nom de *beurre margariné* la marchandise offerte à l'acheteur et qu'il indique la quantité d'oléomargarine incorporée dans le mélangé.

Mais vendre du beurre margariné sous le nom de beurre pur constitue une fraude que la loi punit, en la qualifiant de tromperie sur la nature de la marchandise vendue.

Cette fraude doit être recherchée avec soin et punie avec sévérité, parce qu'elle peut porter une atteinte très-grave à l'honorabilité de notre commerce national et causer préjudice à notre agriculture.

La Bretagne et la Normandie expédient à l'étranger et particulièrement en Angleterre des quantités considérables de beurre. C'est par millions que se chiffre le nombre des kilogrammes sortant chaque année du seul port de Saint-Malo.

L'envoi sur le marché anglais des beurres fraudés par de l'oléomargarine aurait pour conséquence d'éveiller la défiance et d'éloigner de la France le courant des affaires pour le diriger vers la Hollande et la Norwége. Une dépréciation des produits français, immédiatement suivie d'une diminution du nombre des transactions, ne tarderait pas à atteindre notre commerce.

Les bénéfices illicites faits par quelques marchands déshonnêtes causeraient des pertes incomparablement plus considérables et qui pourraient se continuer pendant un grand nombre d'années. Ces pertes seraient supportées d'abord par le commerce honnête et ensuite par l'agriculture. Le négociant est l'intermédiaire entre le cultivateur et le marché étranger. Toute diminution dans les prix de vente atteint nécessairement le cultivateur. Dans ces circonstances le commerce et l'agriculture ont les mêmes intérêts en présence de la fraude, leur ennemi commun.

Malheureusement de semblables fraudes ne sont pas toujours faciles à découvrir. Les chimistes savent combien il est difficile de reconnaître la présence d'un corps gras dans un autre corps gras possédant une composition et des propriétés physiques à peu près identiques. C'est le cas qui se présente dans l'analyse d'un mélange de beurre naturel et de beurre artificiel.

Je crois donc être utile à l'agriculture en signalant des caractères qui permettent de reconnaître le beurre artificiel même lorsqu'il est mélangé à du beurre naturel.

Pour fabriquer l'oléomargarine, on fond du suif et, après l'avoir abandonné à la solidification, on le soumet à la pression. Un mélange d'oléine et de margarine s'écoule de la masse; la stéarine reste sous la presse. Ce mélange d'oléine et de margarine est ensuite baratté avec du lait et de l'eau qui a servi à faire infuser des morceaux de mamelles de vaches.

La matière ainsi obtenue possède, après avoir été colorée avec du rocou, à très-peu près l'aspect et la consistance du beurre. Elle est constituée par un mélange de deux principes immédiats qui existent dans le beurre naturel, l'*oléine* et la *margarine*.

La beurrine n'a ni la saveur ni le parfum du beurre, mais lorsqu'elle a été mélangée avec ce dernier, les différences deviennent peu sensibles pour la masse des acheteurs; même, si on isole à l'aide de l'éther la matière grasse qui entre dans la composition d'un beurre margariné, on ne lui trouve pas une odeur de suif assez

nettement caractérisée pour pouvoir se prononcer sur la nature de la substance ainsi traitée.

On obtient de meilleurs résultats en s'adressant à des caractères moins fugitifs que ceux fournis par l'odorat.

Dans la fabrication du beurre artificiel, la matière grasse subit des fusions et des solidifications qui ont pour effet de produire une séparation partielle entre l'oléine et la margarine. Pendant le refroidissement du corps gras fondu, la margarine, moins fusible que l'oléine, se solidifie la première et cristallise en partie au milieu d'un mélange d'oléine et de margarine qui ne prendra que plus tard l'état solide. Aussi, lorsqu'on observe au microscope une petite quantité de beurrine étendue en couche mince sur une lame de verre, voit-on toujours et en grand nombre des cristaux caractéristiques de margarine ; on peut encore les retrouver lorsque la beurrine a été mélangée avec du beurre.

Le beurre naturel est homogène dans toutes ses parties ; observé au microscope il ne laisse apercevoir que des globules ovoïdes de diverses grosseurs, ne présentant aucune apparence de cristallisation. On ne trouve jamais de cristaux dans du beurre frais, non plus que dans celui qui a plusieurs mois de date. Je n'en ai pas vu dans du beurre qui, fabriqué en 1872, avait été rapporté en France après un voyage autour du monde.

Cependant je dois ajouter que j'ai rencontré des cristaux de margarine dans un échantillon de beurre, ayant une année de date, et dont on croyait pouvoir me garantir la pureté. C'est un fait unique parmi tous mes essais.

On comprend que le beurre qui a été fondu doive également contenir des cristaux.

D'après cela, l'observation d'un beurre au microscope fournit d'utiles enseignements et, si la découverte de cristaux de margarine n'est pas *toujours* une preuve qu'il a été mélangé de beurre artificiel, ce caractère conserve toute sa valeur dans le plus grand nombre de cas, c'est-à-dire pour des beurres dont la fabrication ne remonte pas à une époque trop éloignée.

Le beurre fond à 36° en un liquide transparent de couleur jaune.

L'oléomargarine Mouriès, mise en suspension dans de l'eau que l'on chauffe graduellement, subit une fusion partielle avant d'atteindre la température de 36°. Agitée avec de l'eau à 28° ou 29°, elle se réduit en une pâte liquide ayant la consistance et l'opacité d'une

sauce blanche. Ce phénomène provient de ce qu'un mélange d'oléine et de margarine prend d'abord la forme liquide pendant que la margarine cristallisée reste solide en suspension dans la masse.

Les mélanges de beurre et d'oléomargarine se comportent d'une manière analogue :

Proportion d'oléomargarine.	Température de demi-fusion.
50 0/0	30°
25	31°
10	33 à 34°

Un deuxième renseignement peut donc être fourni par la manière dont le beurre examiné se comporte dans sa fusion en présence de l'eau.

Un troisième caractère est tiré de la différence de composition qui existe entre le beurre et l'oléomargarine.

Le beurre, en outre de l'oléine et de la margarine, contient de la *butyrine* et de la *caprine*, principes immédiats qui n'entrent pas dans la composition du beurre artificiel. Les petites quantités de lait avec lesquelles on baratte la matière grasse extraite du suif ne peuvent les y introduire qu'en proportion très-faible.

Or, par la saponification, l'oléine et la margarine se dédoublent en glycérine et en acides oléique et margarique, tandis que la butyrine et la caprine se décomposent en glycérine et en acides butyrique et caprique qui sont solubles dans l'eau et volatils. La séparation et le dosage de ces deux derniers acides peut donc s'effectuer sans difficulté.

Dans ce but, le beurre est d'abord purifié par fusion, de l'eau et de la caséine qu'il renferme, on en pèse 50 grammes qu'on saponifie avec 25 grammes de soude caustique ; le savon obtenu est décomposé à l'aide de 50 grammes d'acide tartrique. La liqueur provenant de cette décomposition est séparée des acides gras insolubles (acides oléique et margarique) et elle est soumise à la distillation. Les liquides condensés, saturés par l'eau de baryte, filtrés et évaporés donnent un résidu de butyrate et de caprate de baryte que l'on pèse.

Les liqueurs à distiller ne dépassent pas 850 à 900 cent. cubes, et en recueillant 700 à 720 cent. cubes de liquide, on obtient à très-peu près la totalité des acides volatils.

Divers échantillons ont donné :

	Poids du butyrate et du caprate de baryte.
Beurre du mois de juin	6gr8
— juillet	6 7
— d'avril	6 0
d'un an	6 2

Le poids de ces sels à acides gras volatils n'a pas été inférieur à 6 grammes pour 50 grammes de beurre.

La margarine traitée exactement de la même manière donne à la distillation un poids d'acides volatils qui n'est que la quarantième partie de celui que fournit le beurre pur.

D'un mélange de beurre artificiel et de beurre naturel, on extraira une quantité d'acides volatils d'autant plus faible que la proportion de beurrine sera plus forte. Ainsi, des beurres margarinés m'ont fourni dans les mêmes conditions 4gr4 de butyrate et de caprate de baryte.

En employant pour la saturation des liquides distillés une liqueur alcaline titrée on pourrait peut-être éviter une évaporation et une pesée.

On ne saurait mettre en doute que la proportion de butyrine et de caprine doive varier dans le beurre avec les diverses époques de l'année et avec le mode de nourriture. Je me propose même de compléter ces recherches en déterminant l'étendue de ces variations.

Dans une expertise, il serait nécessaire de comparer le beurre dont il s'agirait de vérifier la pureté, avec des beurres purs de même provenance et fabriqués à la même époque de l'année. On obtiendrait ainsi un résultat qui, venant s'ajouter aux caractères indiqués précédemment, permettrait de se former une conviction.

Je dois, en terminant, adresser mes remerciements à MM. Léon Porteu et Lanoe-Bidard, négociants de Rennes, qui, s'intéressant vivement à cette question, ont mis à ma disposition tous les échantillons de beurre dont j'ai eu besoin pour ces recherches.

REVUE DES TRAVAUX PUBLIÉS A L'ÉTRANGER SUR L'AGRONOMIE ET LA PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE.

I. De l'influence de différents engrais sur le développement relatif des organes des végétaux,

PAR M. R. HEINRICH.

Beiträge zur Kenntniss der Einwirkung verschiedener Düngemittel auf die relative Entwickelung der Pflanzenorgane. (*Neue landw. Zeitung*, 1873, p. 9.)

Le développement relatif des différents organes d'une même espèce de plantes n'est pas constant, mais il dépend de l'action de la lumière, de la température, de la nutrition, etc. La valeur des plantes que nous cultivons dépend donc de ces agents extérieurs, et il importe de déterminer aussi rigoureusement que possible l'influence de chacun d'eux. L'auteur a choisi pour ses recherches le trèfle rouge dans sa deuxième année, cultivé sur un sol calcaire de première qualité.

Les engrais employés étaient :

I. L'*acide sulfurique* 1/1000;
II. Le *sulfate de potasse*, renfermant 90-95 pour 100 de sel pur;
III. Le *sulfate de magnésie;*
IV. Le *sulfate de chaux* (plâtre brûlé);
V. La *chaux caustique;*
VI. Le *carbonate de chaux;*
VII. Le *superphosphate*, renfermant 18-20 pour 100 d'acide phosphorique soluble;
VIII. Le *salpêtre du Chili;*
IX. Le *sulfate d'ammoniaque;*
X. Un mélange de *sulfate de potasse*, de *sulfate de magnésie* et de *superphosphate;*
XI. Un mélange de *sulfate de potasse*, de *sulfate de magnésie*, de *superphosphate*, de *salpêtre du Chili;*
XII. Le *chlorure de sodium;*
XIII. *Sans engrais.*

Le plâtre, le sulfate de potasse, le carbonate de chaux, le superphosphate, le sulfate d'ammoniaque ont été employés à la dose de 100 kilog.; le salpêtre, la chaux, le chlorure de sodium seuls ou dans les mélanges, à la dose de 50 kilog. par 25 ares (1 *preuss Morgen*).

Le tableau suivant montre pour ces différentes expériences le rapport entre les matières sèches du trèfle et des mauvaises herbes :

TABLEAU I.

NUMÉROS DE L'EXPÉRIENCE.	ENGRAIS.	MATIÈRE SÈCHE du trèfle. Pour 100 du produit total.	MATIÈRE SÈCHE des mauvaises herbes. Pour 100 du produit total.
I	Acide sulfurique	82.1	17.9
II	Sulfate de potasse	94.5	5.5
III	— de magnésie	90.4	9.6
IV	— de chaux	98.1	1.9
V	Chaux	95.5	4.5
VI	Carbonate de chaux	95.1	4.9
VII	Superphosphate	95.6	4.4
VIII	Salpêtre du Chili	74.2	25.8
IX	Sulfate d'ammoniaque	69.7	30.3
X	Mélange sans azote	94.6	5.4
XI	— avec azote	94.0	6.0
XII	Chlorure de sodium	93.5	6.5
XIII	Sans engrais	43.0	57.0

TABLEAU II. — CENT DE MATIÈRE SÈCHE DU TRÈFLE SE DÉCOMPOSENT DE LA MANIÈRE SUIVANTE :

NUMÉROS DE L'EXPÉRIENCE	ENGRAIS.	TIGES.	FEUILLES et pétioles.	BOUTONS à fleurs.
I	Acide sulfurique	44.6	42.3	13.1
II	$KOSO^3$	43.0	45.8	11.2
III	$MgOSO^3$	39.1	50.7	10.2
IV	$CaOSO^3$	47.9	36.7	15.4
V	$CaOHO^2$	45.3	37.1	17.6
VI	$CaOCO^2$	40.6	46.3	13.1
VII	Superphosphate	45.7	44.1	10.2
VIII	Salpêtre du Chili	43.6	38.7	17.7
IX	AzH^4OSO^3	44.0	42.2	13.8
X	Mélange sans Az	44.3	41.9	13.8
XI	— avec Az	43.8	39.8	16.4
XII	NaCl	52.7	33.1	14.2
XIII	Sans engrais	32.0	53.8	14.2

Ainsi, après la parcelle sans engrais, ce sont celles qui renfermaient des engrais azotés qui ont fourni le plus de mauvaises herbes (graminées). Le sulfate de chaux a donné le moins de mauvaises

herbes, et après lui le superphosphate, qui contient du sulfate de chaux (1).

Comme réponse à la question qu'il s'était proposée, l'auteur donne dans le tableau II la quantité relative de matière sèche des différents organes de la plante.

Ce tableau montre qu'en général le chlorure de sodium et les sels de chaux favorisent le développement de la tige, tandis que les sels de magnésie et de potasse augmentent le poids des feuilles. Les engrais azotés tiennent le milieu entre les deux (2).

Malheureusement des vides accidentels qui se sont produits dans les différentes parcelles ont empêché l'auteur de calculer ces résultats pour une superficie donnée de terrain.

II. Recherches sur l'influence des fumures riches en azote et en acide phosphorique sur la composition de la plante et du grain du blé d'été.

PAR MM. H. RITTHAUSEN ET R. POTT.

(*Untersuchungen über den Einfluss einer an Stickstoff und Phosphorsœure reichen Düngung auf die Zusammensetzung der Pflanze und der Samen von Sommerweizen. Landw. Versuchsst.* 1873, p. 384.)

Les recherches exécutées jusqu'à ce jour ne montrent pas si la quantité de matières albuminoïdes contenues dans la graine dépend de l'azote contenu dans le sol.

Les auteurs ont mis les engrais suivants dans de petites parcelles de terre de 15 mètres carrés :

I. Sans engrais; II. 2,5 kilogr. de sulfate d'ammoniaque; III. 2,5 kilogr. de sulfate d'ammoniaque et 4 kilogr. de guano superphosphaté

(1) L'influence des engrais azotés sur le développement des graminées est bien connue des agronomes. Il arrive souvent, lorsqu'on fume une prairie artificielle avec des sels ammoniacaux ou du fumier de ferme, que les légumineuses sont presque étouffées par le développement exagéré des graminées. Ce fait a été particulièrement mis en lumière dans les expériences de Rothamsted. (Voyez la *Revue des cours scientifiques*, 1875, p. 801.)

(2) On a vu, page 172, que le chlorure de potassium a une influence manifeste sur le développement des tiges du sarrasin; il est vrai que l'auteur a employé comme engrais du sel marin et non du chlorure de potassium; mais il est remarquable que lorsqu'une plante est arrosée avec une dissolution du chlorure de sodium, c'est souvent du chlorure de potassium qui est assimilé; ce fait curieux a été observé par M. Peligot, par M. Pagnoul, et tout récemment, au laboratoire de culture, par M. P. P. Dehérain, qui, après avoir tué des haricots à l'aide d'une dissolution de sel marin suffisamment concentrée pour être mortelle, a trouvé, à l'analyse des cendres de la plante morte, une quantité très-notable de chlorure de potassium et des traces seulement de chlorure de sodium.

Il est aisé de distinguer dans les cendres ces deux chlorures l'un de l'autre en les combinant au chlorure de platine; le chloroplatinate de potassium, presque insoluble dans l'alcool faible, se précipite d'abord, tandis que les eaux mères abandonnent par le refroidissement des aiguilles dorées de chloroplatinate de sodium très-faciles à distinguer des octaèdres du chloroplatinate de potassium.

préparé à l'aide du procédé de Baker; IV. 4 kilogr. de superphosphate; V. 3 kilogr. d'azotate de soude; VI. 3 kilogr. d'azotate de soude et 4 kilogr. de superphosphate; VII. sans engrais; VIII. 4 kilogr. de superphosphate; IX. 1,25 kilogr. de sulfate d'ammoniaque et 2 kilogr. d'azotate de soude; X. 1,25 kilogr. de sulfate d'ammoniaque, 2 kilogr. d'azotate de soude et 4 kilogr. de superphosphate; XI. 6 kilogr. de superphosphate; XII. sans engrais.

Le tableau suivant rend compte des récoltes :

NUMÉRO de la parcelle.		ENGRAIS.	POIDS des grains.	PAILLE	BALLES
			kilog.	kilog.	kilog.
A.	1	Sans engrais.	2.84	5.33	0.75
	7		n'a pas été déterminé.		
	12		2.87	5.48	0.73
B.	4	Superphosphate.	2.43	7.56	0.79
	8		2.99	6.24	0.78
	11		2.74	5.86	0.89
C.	2	Engrais azotés.	2.22	6.82	1.05
	5		2.38	6.45	0.81
	9		2.32	6.35	0.93
D.	3	Engrais azotés et superphosphate.	2.30	7.65	1.05
	6		2.04	6.68	0.81
	10		1.75	5.92	0.84

On a pu se convaincre par des mesures et des pesées que les plantes développées sous l'influence des engrais azotés et coupées avant la floraison dépassaient généralement les autres.

La quantité de matières albuminoïdes contenue dans les plantes vertes et dans la paille augmente avec la quantité d'azote du sol.

	Matières protéiques dans les Plantes vertes.	Paille.
A. Sans engrais	9,9 %	3,42
B. Superphosphate	13,02	3,72
C et D. Engrais azotés	17,70	5,16

Sur 100 parties d'azote de la farine, on a trouvé sous forme de gluten dans les farines recueillies sur les parcelles en expériences les quantités ci-jointes:

A	7	84 %	moyenne 81,1 %
	12	78,3	
B	8	87	» 84,2 %
	11	81,2	
C	5	86,2	» 85,1 %
	9	84,0	
D	6	83,6	» 8[illegible],7 %
	10	89,8	

100 parties de farine sèche renferment :

	AZOTE total.	AZOTE du gluten.	MATIÈRES protéiques.	GLUTEN brut.	GLUTEN pur (1).
A 1	3.08	»	18.48	17.91	»
A 7	2.54	2.1259	15.24	15.17	12.81
A 12	2.60	2.0378	15.60	15.45	12.22
B 4	3.14	»	18.84	15.63	»
B 8	2.66	2.3192	15.96	16.46	13.91
B 11	2.90	2.3552	17.40	18.02	14.13
C 2	3.64	»	21.84	22.94	»
C 5	3.56	3.0707	21.36	22.56	18.42
C 9	3.70	3.1356	22.20	22.65	18 81
D 3	4.06	»	24.36	24.72	»
D 6	3.70	3.0927	22.20	22.33	18.55
D 10	3.77	3.3598	22.62	25.57	20.15
Grains semés.	2.81	1.9837	16.86	14.96	11.90

Le superphosphate ou les engrais phosphatés seuls avaient déjà déterminé la formation d'une plus grande quantité de matières albuminoïdes; on sait que l'acide phosphorique rend les matières azotées du sol plus solubles et plus facilement absorbables par la plante.

Quoique les graines semées eussent été exactement semblables, les grains récoltés présentaient des différences très-considérables; ceux qui provenaient des parcelles sans engrais étaient demi-farineux, clairs, volumineux, pleins et lisses; ceux qui avaient reçu du superphosphate et de l'acide phosphorique étaient de même nature et ne variaient que par leur volume; ceux qui avaient reçu des engrais azotés étaient petits, bien conformés, durs, vitreux et de couleur foncée. Avec les engrais mêlés, on a obtenu de petits grains semblables, mais souvent ratatinés et mal développés.

Toutes les plantes qui avaient reçu des engrais azotés avaient versé, circonstance qui n'est certainement pas sans influence sur le développement des grains et qui trouble un peu les résultats.

La quantité d'azote des grains A (sans engrais) étant 100, celle des grains B (acide phosphorique) a été 108, des grains C (azote), 132, et des grains D (azote et acide phosphorique), 138.

(1) Les chiffres du gluten pur s'obtiennent en multipliant par 6 le chiffre de l'azote du gluten.

L'azote de la farine a été :

A	B	C	D
100	106	132	140

Les quantités de gluten sec de ces différentes farines ont été :

A	B	C	D
100	103	140	149

De 100 parties d'azote contenues dans les farines, les chiffres suivants appartenaient au gluten pur obtenu en multipliant par 6 l'azote de la farine :

A	B	C	D
100	112	148	161

Voici, en résumé, les résultats obtenus :

1° Les fumures azotées engendrent des graines riches en azote et en gluten.

2° Les fumures qui contiennent de l'azote et de l'acide phosphorique produisent des grains encore plus riches en azote.

3° L'acide phosphorique seul tend à augmenter la quantité des matières protéiques renfermées dans les graines; mais la proportion d'acide phosphorique n'augmente pas en même temps.

4° Le rapport de l'acide phosphorique et de l'azote dans le blé riche en azote n'est pas constant (1 : 2), mais il varie de 1 : 2,8 à 1 : 3,4. Les chiffres obtenus ont été :

			Acide phosph.		Azote.
C	2	—	1	:	3,3
	5	—	1	:	2,8
	9	—	1	:	3,4
D	3	—	1	:	3,1
	6	—	1	:	3,3
	10	—	1	:	3,2

On voit que la proportion centésimale d'acide phosphorique est assez constante et n'augmente même pas quand l'engrais est très-riche en acide phosphorique, tandis que la quantité d'azote est très-variable.

III. De l'influence qu'exercent différentes quantités d'acide phosphorique sur le développement de l'avoine,

PAR M. E. V. WOLFF.

(*Ueber den Einfluss verschiedener Mengen von Phosphorsäure auf die Entwickelung der Haferpflanze. Tagebl. der 46. Versammlung deutscher Naturforscher in Wiesbaden,* 1873, p. 116.)

Les plantes ont été cultivées dans l'eau. Six plantes ont végété dans des bocaux de 1600 cc. depuis le germe jusqu'à la maturité des

NUMÉROS DE L'EXPÉRIENCE.	ACIDE phosphorique de la solution.	MATIÈRE sèche des plantes entières.	ACIDE phosphorique contenu pour 100 de matière sèche.	MATIÈRE SÈCHE des grains.	MATIÈRE SÈCHE de la paille.	RAPPORT entre les grains et la paille.	ACIDE PHOSPHORIQUE POUR 100 DE CENDRES. Grains et paille.	Paille.	Grains.
	millig.	gr.		gr.	gr.				
1	230.4	20.712	1.11	5.817	11.054	1 : 1.90	23.6	18.9	43.8
2	155.4	18.646	0.83	3.361	10.931	1 : 3.25	16.7	11.8	40.6
3	97.9	18.303	0.53	2.711	11.052	1 : 4.07	12.3	7.9	39.3
4	49.4	15.559	0.33	2.474	10.234	1 : 4.14	9.5	4.4	37.7
5	33.0	11.470	0.28	1.766	7.258	1 : 4.11	»	»	»
6	21.8	8.944	0.27	1.771	5.224	1 : 2.95	7.4	4.7	39.4
7	14.8	5.465	0.27	1.043	3.014	1 : 2.90	»	»	»
8	0	2.048	?	0.341	1.059	1 : 3.20	»	»	»

fruits. La concentration des solutions était d'un quart pour mille et de temps en temps (toutes les trois semaines environ) on la rétablissait, de manière que les plantes de chaque bocal ont reçu en tout 1,6 gramme de matière nutritive, en comptant le sel azoté qui entrait presque pour la moitié dans cette quantité. Les solutions ne différaient entre elles que par leur richesse en acide phosphorique. Toutes les fois que les feuilles des jeunes plantes trahissaient une tendance à jaunir, on ajoutait au liquide 2-4 cc. d'une solution à 1 p. 100 de sulfate de fer. Aucune solution ne renfermait d'acide silicique, et dans les cendres des plantes récoltées on n'a jamais trouvé que de 1 à 2 p. 100 de silice.

Les chiffres du tableau de la page 467 se rapportent aux plantes d'un même bocal; ceux des n° 5, 7 et 8 ne proviennent que d'une seule année (1873); tous les autres sont les moyennes de quatre années pendant lesquelles les expériences ont été faites de la même manière et sensiblement avec les mêmes résultats.

Ce tableau montre que lorsque, par suite du défaut d'acide phosphorique absorbable dans la liqueur nourricière, le chiffre d'acide phosphorique contenu dans la matière sèche descend au-dessous de 0, 33 0/0 la plante se développe incomplétement dans toutes ses parties. La matière sèche de l'avoine bien développée en pleine terre renferme 0,44 0/0 d'acide phosphorique.

Dans les expériences 1-3 on a obtenu un poids presque identique de paille, mais des poids de graines qui allaient rapidement en croissant avec les quantités d'acide phosphorique offertes aux plantes. L'auteur croit qu'on ne peut pas donner trop d'acide phosphorique aux plantes dont on récolte les graines, ce qui n'est pas toujours vrai pour la potasse et l'azote. Chose remarquable, la quantité d'acide phosphorique pour cent de cendres de grains ne varie pas beaucoup et oscille autour de 40, 2 0/0 (1).

(1) Cette singulière propriété de l'acide phosphorique d'augmenter beaucoup le développement de la plante sans que la graine en contienne des quantités plus grandes à poids égal, a été récemment observée et étendue à toute la plante (betterave) par M Péligot (*C. r.*, t. XXX, p. 141). Le phosphate de chaux, qui est, sans contredit, la matière fertilisante la plus précieuse, présente cette particularité que, *à poids égal*, une plante soumise à son action et mise en présence d'un grand excès de ce sel, ne contient pas plus d'acide phosphorique, renferme moins de chaux et plus de sels alcalins qu'une plante voisine venue dans les conditions ordinaires; celle-ci, à la vérité, est restée chétive, tandis que l'autre présente la végétation la plus luxuriante; de sorte que, en définitive, cette quantité excédante de phosphate terreux dans le sol a eu pour résultat

IV. Recherches sur l'influence de la fumée des usines sur les arbres,

PAR M. D[r] SCHRŒDER.

(*Zusammenstellung einiger in Tharand ausgeführten Untersuchungen betreffend die schädliche Einwirkung des Hütten-und Steinkohlenrauches auf das Wachsthum der Waldbäume.*) *Forstl. Blätter v. Grunert u. Corup.* (nouvelle série, 2e année, 3e fascicule.)

L'influence funeste de la fumée des usines sur la végétation avait déjà été étudiée avec soin par A. Stöckhardt, qui était arrivé à ce résultat que ce ne sont ni la suie, ni l'arsenic, ni l'oxyde de plomb qu'il faut accuser des ravages produits par la fumée dans le voisinage des usines, mais uniquement l'acide sulfureux. Dans les environs de la station agronomique de Tharand la fumée de différentes fabriques et du chemin de fer de Dresde ont causé plusieurs maladies dans les plantations voisines; le sapin et l'épicéa sont les plus sensibles, ensuite, le pommier, le bouleau, le hêtre et le chêne.

L'analyse a montré dans le pommier mort, pour 100 de matière sèche, 0,248 d'acide sulfurique, dans le pommier bien portant 0, 128; — dans le sapin : sommités d'un arbre tué : 0, 248, d'un arbre sain : 0,099; — dans l'épicéa : sommités d'un arbre presque mort 0,113, d'un arbre sain 0,062; feuilles d'un arbre presque mort : 0,754, d'un arbre sain : 0,240. Les arbres absorbent l'acide sulfureux de l'air et le transforment en acide sulfurique.

Les expériences montrent ensuite que l'action délétère du gaz résulte surtout du contact direct du gaz avec la feuille et que le gaz dissous dans l'eau de pluie ou dans le sol n'a qu'une influence faible.

Les feuilles absorbent déjà l'acide sulfurique quand l'air n'en contient que 1/5000.

l'abondance de la récolte. Un fait semblable avait été observé antérieurement par M. Boussingault dans des expériences sur l'action du plâtre. A l'examen comparatif des cendres du trèfle plâtré et de celles des cendres du trèfle non plâtré, l'acide sulfurique s'y est trouvé à peu près dans les mêmes proportions, et cependant la récolte du trèfle platré avait été beaucoup plus abondante que celle du trèfle qui n'avait pas reçu de sulfate de chaux; on trouvait plus de potasse et plus de chaux dans les cendres du trèfle plâtré et du trèfle non plâtré, ces résultats ont été discutés par M. Dehérain dans la théorie qu'il a donné du plâtrage des terres arables (*Chimie agricole* Page 421).

DE L'INFLUENCE DES SELS DE CHAUX SUR LE DÉVELOPPEMENT DES VÉGÉTAUX

PAR

M. J. BŒHM

Uber den vegetabilischen Nährwerth der Kalksalze von Jos. Bœhm, Sitzbr. D. K. Akad. d. Wissensch. T. LXXI, avril 1875.

Les graines renferment, soit dans les cotylédons des embryons, soit dans l'albumen qui les entoure, les matériaux à l'aide desquels se développe la jeune plante avant qu'elle soit en état de subvenir elle-même à ses besoins. Généralement la quantité de ces matériaux de réserve est plus que suffisante et la jeune plante est capable de se maintenir facilement pendant les premiers temps de sa vie au milieu de circonstances défavorables; quand au contraire ces circonstances sont aussi favorables que possible, le haricot, dont les cotylédons sont très-volumineux, trouve dans la moitié des matériaux de réserve qu'il renferme une nourriture suffisante pour se transformer en une plante vigoureuse chargée de fleurs et de fruits. On n'a pas observé en effet de plus grandes différences entre des haricots provenant de grosses et de petites graines et ceux dont un cotylédon a été enlevé, qu'entre des haricots provenant de graines semblables (de même poids). La graine qui germe librement dans un sol favorable ou non au développement complet de la jeune plante, puise cependant dans l'eau de germination certaines matières minérales et recherche surtout celles qui n'existent qu'en petite quantité dans la graine.

En présence de ces faits acquis M. Bœhm s'est posé deux questions :

1. Les matières minérales sont-elles nécessaires à la jeune plante qui vit encore aux dépens des matériaux renfermés dans la graine?

2. Le rapport des matières de réserve organiques et inorganiques est-il tel que tout l'amidon, etc., contenu dans les cotylédons peut-être employé à l'élaboration des organes de la plante?

Pour répondre à ces deux questions il ne se présente qu'une voie. Élever de jeunes plantes dans l'eau distillée en empêchant l'assimilation. Les plantes ont donc été exposées à l'obscurité ou à une lumière trop faible pour que les organes verts pussent décomposer l'acide carbonique de l'air. Les premières expériences ont été faites

dans des bocaux de verre; d'autres expériences disposées en même temps dans des dissolutions salines ou dans de la terre servaient de contrôle.

Les résultats des premiers essais (200 graines de 0,8 à 2,1 gram.) ont été surprenants; quatre semaines s'étaient à peine écoulées que *toutes les plantes élevées dans l'eau distillée* étaient mortes, tandis que les autres étaient toutes vivantes.

La mort s'annonce par des symptômes très-caractéristiques. La tige se flétrit et se dessèche d'abord au-dessous du bourgeon terminal, mais à une époque très-variable pour les plantes élevées dans les mêmes conditions; dans quelques-unes les phénomènes morbides apparaissent déjà quand les plantes n'ont pas encore dépassé une longueur de 2 à 3 centim., dans d'autres on les observe seulement quand la plante atteint 40, 50 et même 60 centimètres de long. Le volume et le poids de la graine se sont montrés sans influence sur l'apparition de ce phénomène pathologique et les cotylédons sont ordinairement restés rigides et pleins d'amidon. Ce n'est que rarement que les sommités se sont conservées jusqu'à l'épuisement de tout l'amidon des cotylédons.

Dans les solutions minérales ou dans la terre aucun de ces accidents ne se présente, ils n'apparaissent pas non plus dans l'eau de fontaine ordinaire.

Les différences observées peuvent tenir à bien des causes : richesse inégale des graines en matières minérales, corrosion des parois de verre par les racines des plantes devenues plus robustes, poussières introduites dans l'eau qui a été changée tous les jours.

Dans des vases de zinc les cultures ont complétement manqué; le fond s'est couvert de croutes blanches de carbonate de zinc, les racines sont mortes bientôt après leur développement, et les tiges n'ont pas pu dépasser 5 centimètres.

De nouvelles expériences ont été disposées dans des capsules de cuivre bien argentées larges de 16 centimètres. Placées dans des capsules de verre larges de 21 centimètres, ces capsules ont été recouvertes d'une cloche de verre tubulée, de diamètre intermédiaire entre ceux des deux capsules de sorte qu'en versant de l'eau dans l'espace compris entre les deux capsules l'atmosphère interne était rigoureusement confinée et les poussières ne pouvaient plus s'introduire dans le liquide intérieur. De petits vases contenant de la potasse et suspendus dans les cloches étaient destinées à absorber

l'acide carbonique dont l'influence est si nuisible aux plantes qui n'assimilent pas (1). La tubulure de la cloche a été bouchée avec un tampon de coton. Tous les jours les cloches ont été enlevées et l'eau remplacée. Cette eau distillée deux fois était conservée dans une grande bouteille (8 litres) en cuivre argenté, dont le col pouvait se dévisser pour faciliter les nettoyages.

Les résultats des nombreuses expériences disposées de cette manière ne différaient pas notablement de ceux des premiers essais; en général les jeunes plantes sont mortes un peu plus tôt. Exceptionnellement certaines plantes se sont allongées à une hauteur de 40 à 50 centimètres.

Dans des capsules de porcelaine les plantes se sont un peu mieux développées que dans les capsules argentées et presque aussi bien que dans le verre; les racines étaient généralement plus abondantes et la mort des sommités ne s'est montrée que plus tard. Comme on ne peut pas admettre que la porcelaine soit attaquée par les racines (2), il faut croire que cette différence est purement accidentelle, et on doit conclure que *les différences observées dans le développement des haricots soumis aux mêmes influences extérieures dépendent de l'individualité des graines qui sont inégalement riches en matières minérales.*

Il existe encore une autre différence bien frappante entre les haricots venus dans l'eau distillée et ceux qui ont été élevés dans des solutions nourricières : *Les feuilles primordiales des premiers restent relativement petites, les pétioles se ratatinent au-dessous du limbe, avant la mort des sommités.*

Voici donc quelles seront les réponses aux questions posées en tête de ce mémoire.

1° *Les matières minérales sont indispensables au développement des jeunes plantes vivant aux dépens des matières de réserve accumulées dans les cotylédons.*

2° *Les graines du Phaseolus multiflorus ne renferment pas une quantité de cendres suffisante pour le transport de la totalité des matières de réserve des cotylédons aux organes des jeunes plantes.*

La première question qui se présente maintenant à l'esprit est celle-ci :

(1) Bœhm, *De l'influence de l'acide carbonique sur le verdissement et l'accroissement des plantes. Sitz. d. K. Akad. d. W.* Vienne, t. LXVIII, p. 171, 1873.

(2) Le vernis des tasses de porcelaine est resté net pendant plus d'un an de culture.

Quelles sont les matières minérales nécessaires au développement du jeune haricot?

Plusieurs séries d'expériences ont été faites dans les capsules de cuivre argenté. Chaque capsule reçut quinze haricots d'abord gonflés dans l'eau distillée et dépouillés de leurs testas.

Pendant les quatre premiers jours l'eau a été renouvelée deux fois par jour. Les sels employés étaient les azotates, sulfates, phosphates, carbonates de potasse, de soude, de magnésie et de chaux, et les chlorures de ces métaux.

Les sels insolubles (MgO,CO^2;CaO,CO^2;CaO,SO^3;CaO,PhO^5) ont été employés en quantités telles que l'eau en était laiteuse, la concentration des autres était de un ou deux pour mille. Pour le chlorure de calcium on avait chaque fois disposé quatre expériences aux titres de 1/10, 1/3, 1 et 2 pour mille. Dans une capsule les haricots n'ont reçu que de l'eau distillée, dans une autre une solution complète, dans une troisième du sable calcaire lavé, humecté avec de l'eau distillée.

Voici les résultats de ces expériences :

Les chlorures et les carbonates, sauf le carbonate de chaux, sont nuisibles (1). L'allongement de la tige se ralentit, les racines à peine développées meurent et les phénomènes pathologiques dus à l'absence des sels minéraux ne sont pas empêchés. Les sulfates et les phosphates de potasse, de soude et de magnésie ont donné des plantes moins bien portantes que l'eau distillée; mais ces différences tiennent peut-être à l'individualité des graines (2).

L'effet utile des sels de chaux est surprenant. Les plantes élevées dans l'azotate de chaux (1/2 pour mille) ou dans le carbonate se distinguaient à peine de celles qui provenaient du sable ou de la solution complète. Dans le phosphate et le sulfate les tiges se sont moins allongées, mais c'est peut-être là un accident; les limbes étaient beaucoup plus petits. La raison en est probablement que les plantes en ont pris une plus grande quantité qu'il ne leur fallait. La même anomalie s'est présentée dans une solution d'azotate de chaux à 3/4 pour mille.

(1) L'influence funeste des carbonates sur les racines repose sans doute en première ligne sur leur alcalinité.

(2) M. W. Wolf n'a pu obtenir de haricot sain dans le sulfate de magnésie. Il est possible que les racines décomposent ce sel et qu'un produit de cette décomposition agisse d'une manière nuisible sur la cellule végétale. *Landw. Vers.-Stat.*, t. VI, p. 218, 1864.



Les plantes venues dans le chlorure de calcium se sont comportées d'une manière particulière; avec la concentration de 1/10 ou de 1/3 pour mille, elles ne se distinguaient en rien des plantes soumises au régime de l'eau distillée; mais avec des concentrations plus fortes il y avait évidemment un effet nuisible sur les racines qui mouraient pendant que l'accroissement des tiges était beaucoup retardé; les feuilles primordiales sont restées petites et ont fini par se faner de même que la sommité.

De nouveaux essais à l'obscurité ont montré que l'action vénéneuse du carbonate de magnésie et du chlorure de calcium est paralysée par l'addition d'une quantité égale de carbonate de chaux. Dans les solutions d'azotate de chaux additionnées de sels de potasse ou de soude, les plantes se sont développées presqu'aussi bien qu'en l'absence de ces derniers. Les plantes obtenues dans le chlorure de calcium (1/10, 1/3 et même 1 pour mille) et le carbonate de chaux ont développé le limbe des feuilles primordiales beaucoup mieux que dans les sels calcaires seuls; à côté de ces grandes feuilles il y en avait souvent aussi de très-petites.

Parmi les principes minéraux c'est donc la chaux qui faisait défaut aux plantes que nous avons vues périr dans l'eau distillée.

L'importance de la chaux dans le développement des plantes supérieures est connue depuis longtemps; c'est un des trois principes que de Saussure avait déclarés indispensables.

M. Strohmann décrit de la manière suivante ses cultures de maïs dans des solutions privées de chaux :

« Au bout de six jours déjà on pouvait remarquer un retard des plantes privées de chaux, le vingtième jour ces plantes se sont arrêtées; elles vivaient mais sans avancer, elles avaient tout au plus deux centimètres de haut. Après cinq semaines quand on ne pouvait plus espérer d'augmentation de substance, une plante a été séchée et l'autre a reçu 0,1 gramme de chaux sous forme de nitrate; cinq heures ont suffi pour que quatre nouvelles pousses sortissent de la sommité fanée; la plante s'est si bien couverte de feuilles qu'elle a pu servir de plante d'ornement. »

La plante qui n'avait pas reçu de chaux a pesé sèche 0,300 grammes. Celle qui avait reçu plus tard du nitrate de chaux a pesé sèche 84,300 grammes.

Dans les expériences de M. Wolf les solutions de plâtre ont exercé une influence notable sur le développement d'une multitude de

très-longues racines très-fines; il en est de même, mais à un degré moindre du bicarbonate de chaux. D'après cet auteur les sels calcaires paraissent doués d'une action stimulante sur les racines.

M. Ad. Mayer, dans son « *Lehrbuch der Agriculturchemie* », déclare que nos connaissances sur le rôle du calcium ne vont pas au-delà de la certitude que ce corps est absolument nécessaire; *l'acte physiologique* dans lequel il intervient nous est inconnu. Certaines observations font présumer que le calcium joue un rôle dans la production de substance organique dans la cellule à chlorophylle; on trouve, en effet, de la chaux dans les feuilles jeunes et vieilles, on remarquera au contraire que certains champignons inférieurs qui ne fabriquent pas de matière organique peuvent être cultivés dans un milieu privé de chaux; d'un autre côté cependant la chaux pourrait s'accumuler dans les vieux organes comme le fait la silice qui est si peu importante pour l'organisme végétal.

Les expériences qui ont été exposées plus haut constituent donc un grand pas de fait vers la solution de l'action physiologique de la chaux qui ne manque à aucune plante élevée. Nous savons maintenant que la chaux est indispensable pour transformer les matériaux déjà assimilés dans la plante, pour transformer par exemple l'amidon, le sucre, etc., en cellulose; la chaux est aussi indispensable aux plantes qu'elle l'est aux animaux pour transformer le cartilage en os. Elle constitue le squelette de la paroi cellulaire. Les feuilles primordiales des haricots élevés dans l'eau distillée possèdent à peine moins de cendres (10,02 0/0) que celles des plantes venues dans un sol ordinaire (10,29 0/0).

Il paraît donc certain que la chaux est fort importante dans les plantes calcicoles qui se distinguent toutes par leur système foliaire très-développé.

Il reste à voir si dans certaines autres plantes la chaux ne peut pas être remplacée en tout ou en partie par quelque autre élément chimique (1).

(1) Quelques essais ont été tentés au laboratoire de culture du Muséum pour résoudre cette question : on a repiqué des buis dans un sol privé de chaux par un lavage prolongé à l'acide azotique et on a remplacé le carbonate calcaire par du carbonate de strontiane et du carbonate de baryte; les plantes ne se sont plus développées et ont fini par périr; on a recherché la strontiane et la baryte dans les cendres par l'analyse spectrale et malgré l'aide bienveillante de M. le docteur Garrigou qui a une grande habitude de ces recherches, il a été impossible de reconnaître une trace de ces bases. Il semble donc que dans le cas particulier du buis, la chaux ne peut pas être remplacée par de la baryte ou de la strontiane. P.-P.D.



Tous ces faits que nous ont fournis les expériences n'empêchent certes pas que la chaux n'intervienne également dans la formation de l'amidon.

Les feuilles primordiales d'un haricot qui avait été élevé dans une capsule de porcelaine à la lumière faible ont été exposées aux rayons directs du soleil sous une cloche dans de l'air humide contenant 1 p. 100 d'acide carbonique; les extrémités du pétiole commençaient à mourir et toute la chaux disponible avait probablement été employée. Au bout d'un temps très-court les cellules étaient remplies d'amidon.

La chaux ne paraît donc participer ni directement ni indirectement à la formation de l'amidon.

Quant à la distribution de l'amidon, les plantes élevées dans des milieux privés de chaux offrent une particularité très-remarquable.

Dans les plantes élevées dans les solutions nutritives ou en pots à l'obscurité ou à la demi-obscurité, les cellules de la moelle et de l'écorce se remplissent d'abord d'amidon de sorte que les jeunes tiges se colorent tout en noir dans l'eau d'iode. Pendant que l'allongement s'opère, l'amidon disparaît d'abord de la partie moyenne du premier entre-nœud; pendant que le deuxième entre-nœud arrive presque à son développement complet on ne trouve plus dans la plus grande partie du premier entre-nœud de l'amidon que dans la couche de cellules qui entourent les faisceaux fibro-vasculaires; en même temps les cellules médullaires et corticales du deuxième entre-nœud se remplissent d'amidon.

On observe des phénomènes tout à fait contraires dans les plantes élevées dans l'eau distillée.

Tandis que la base de la tige est fortement surchargée d'amidon et se colore en noir avec l'iode, on ne trouve l'amidon dans l'autre extrémité que dans l'anneau amylacé et il arrive même que ce corps manque totalement dans la partie fraîche au-dessous des extrémités mortes. Les plantes qui sont arrivées à une longueur de 50 centimètres présentent même de l'amidon sur presque toutes les coupes du premier entre-nœud, surtout dans les cellules qui se trouvent en regard des faisceaux foliaires, circonstance qui ne se montre jamais dans les plantes auxquelles on a donné de la chaux.

Nous constatons donc là que dans les plantes où la construction cellulaire s'arrête faute de chaux, les matériaux organiques déposés dans les magasins naturels ne peuvent pas s'écouler vers les

endroits où ils devraient se consommer naturellement. Quel est le rapport entre la chaux et ce transport? c'est encore un mystère.

Cet arrêt dans le transport des matériaux rappelle vivement un phénomène semblable observé par M. Nobbe. Les plantes qui manquent de chlore (sarrasin) ont certains organes beaucoup plus surchargés d'amidon que les plantes normales (1). Il en est de même de la potasse (2).

CONCLUSIONS

1. Les jeunes plantes de *Phaseolus multiflorus* élevées dans l'eau distillée meurent tôt ou tard, toujours avant l'emploi de la totalité des matières de réserve; la tige se flétrit et se fane au-dessous du bourgeon terminal. Les extrémités des pétioles un peu plus développés des feuilles primordiales subissent le même sort.

2. Différents sels calcaires (sauf le chlorure) empêchent cet accident. Les plantes privées d'abord de sels calcaires et ayant perdu les extrémités des rameaux, développent souvent d'une manière normale leurs bourgeons axillares quand on leur donne un sel calcaire.

3. La chaux ne peut être remplacée par aucune autre base; le carbonate de magnésie est positivement vénéneux.

4. De jeunes haricots élevés en même temps et dans le même vase dans de l'eau distillée, meurent avec tous les symptômes décrits plus haut à des âges très-différents; les uns avant de dépasser la longueur de 2 à 3 centimètres, les autres à la hauteur de 30 à 40 et même 50 centimètres. Le poids de la graine est sans influence.

5. La cause de ces inégalités est individuelle et se rattache évidemment à la richesse différente des graines en sels calcaires.

6. Les cendres des feuilles primordiales des plantes élevées dans l'eau distillée ne sont pas moindres que celles des mêmes feuilles prises sur des plantes auxquelles on a donné de la chaux.

7. Dans la transformation des matériaux organiques en matières constitutives du corps de la plante, la chaux joue un rôle tout aussi important que dans la transformation du cartilage en os.

(1) *Uber die physiologische Function des Chlor in d. Pflanze. Landw. Vers-Stat.* 7 *B.* s. 371.

(2) *Uber die organische Leistung des Kalium in der. Pflanze,* 1871. (Ce mémoire a été traduit dans les Annales agronomiques, 1875; fascicule du mois de juillet.)

8. La chaux est sans influence sur la formation de l'amidon aux dépens de l'acide carbonique de l'air. Des feuilles primordiales vertes privées d'amidon et de chaux disponibles et dont les pétioles étaient déjà flétris, ont déjà fourni de l'amidon après 3 à 5 minutes d'exposition à des circonstances favorables. Au bout d'une demi-heure elles en étaient complétement remplies.

9. Dans les jeunes haricots soumis aux régime de l'eau distillée, on observe un arrêt très-curieux dans la marche de l'amidon des cotylédons aux sommités.

Dans les plantes étiolées qui reçoivent de la chaux, les parties supérieures des tiges, longues de 40 à 50 centimètres, sont remplies d'amidon, tandis que les parties inférieures n'en contiennent que dans l'anneau amylifère, quoique les cotylédons soient encore tout à fait turgescents.

Le contraire a lieu dans les plantes élevées sans chaux; là, l'amidon s'accumule dans les parties médullaire et corticale du nœud inférieur.

10. Le rôle de la chaux dans le transport de l'amidon des magasins naturels aux lieux de consommation, est encore complétement inconnu.

VI. De la transpiration de rameaux d'If à basse température,

PAR A. BURGERSTEIN.

(*Ueber die Transpiration von Taxuszweigen bei niederen Temperaturen*, *Oesterr. Bot. Zeitschr.*, juin 1875, p. 183.)

Depuis quelque temps M. Burgerstein s'occupe beaucoup de l'influence qu'exercent sur la transpiration (évaporation) différentes combinaisons chimiques offertes à la plante à l'état de solution. Les rameaux de l'if (*Taxus baccata*) paraissent être particulièrement propres à ce genre de recherches. Avant d'aborder la question dont il s'était proposé l'étude, l'auteur a été amené à étudier préalablement l'influence des agents physiques sur l'évaporation, et notamment celle de la température.

Les résultats qu'ont fournis les expériences sur la transpiration

de l'if aux basses températures sont fort intéressants et méritent d'être exposés avec quelque détail.

Les expériences ont été faites sur des rameaux coupés et non sur des plantes entières et intactes; si d'un côté il est évident que les résultats obtenus ne peuvent être directement appliqués aux plantes entières, il n'est pas moins vrai d'un autre côté que les variations seront sans doute dirigées dans le même sens dans l'un et l'autre cas, c'est-à-dire que si le rameau transpire encore à une très-basse température, la plante entière doit transpirer aussi, et que si une élévation de température augmente la transpiration d'un rameau isolé elle doit aussi augmenter celle d'une plante entière.

L'auteur fixe son rameau dans une éprouvette remplie d'eau distillée, et pour que celle-ci ne puisse pas s'évaporer directement il la recouvre d'une couche de 6-10mm d'huile d'olive (1).

Tout cet appareil a été pesé et exposé à l'atmosphère froide d'une chambre non chauffée. La température a été notée de quart d'heure en quart d'heure et au bout de quelque temps l'appareil a été pesé de nouveau. La différence de poids correspond à l'eau évaporée. Les résultats sont les suivants :

Poids des rameaux en grammes.	Températures extrêmes des expériences au-dessous de 0 centigrade.	Température moyenne.	Durée de l'expérience en heures.	Différence de poids observée en grammes.
5.282	1.5 — 2.5	— 2	2	0.030
8.230	2.5 — 3	— 2.8	2.25	0.040
5.560	4.5 — 6	— 5.2	1.5	0.010
6.580	4.5 — 5.75	— 5.4	2.25	0.012
5.755	5 — 6.5	— 5.7	3	0.021
5.735	5.5 — 7	— 6.2	3	0.015
5.790	6.5 — 7.5	— 6.	1.5	0.002
4.820	9.5 — 11	— 10.7	1.5	0.051

Dans ces expériences il s'est nécessairement glissé une cause d'erreur dont il faut tenir compte. Tandis que les rameaux ont transpiré aux températures indiquées dans le tableau, les pesées ont été faites dans une pièce chauffée à 15-17oc. Au moment où les

(1) Il est évident que ce mode d'expérimentation ne peut être applicable qu'à des rameaux ligneux protégés par une couche subéreuse plus ou moins épaisse; le contact de l'huile avec l'épiderme vivant d'une plante herbacée n'est pas sans entraîner quelques altérations pathologiques; il faut alors employer un mode d'occlusion différent.

rameaux ont été transportés d'une pièce à l'autre, la vapeur d'eau s'est déposée sur les feuilles.

Pour évaluer l'importance de cette cause d'erreur, l'auteur a exposé pendant dix minutes à côté des autres un rameau pesé au froid de 5°c à 7°c, et il a observé une augmentation de poids d'environ 0,1 pour 100 de rameau.

En faisant ces corrections et en calculant la quantité d'eau évaporée par heure et pour 100 grammes de rameaux on trouve :

Température moyenne de l'expérience : degrés centigrades.	Eau évaporée par heure, par 100 gr. de rameaux : grammes.
— 2.° c.	0.288
— 2.8	0.227
— 5.2	0.131
— 5.4	0.093
— 5.7	0.127
— 6.2	0.093
— 6.8	0.028
— 10.7	0.019

Un rameau d'If de 4,36 gr. transpire par heure et pour 100 de rameaux.

Température moyenne :	Eau évaporée pour cent de rameaux :
+ 17°c.	1.491
+ 1°c.	0.665
— 2°	0.246
— 6°	0.087

Un rameau de 5,66 gr.

+ 12°c.	0.954
+ 4°c.	9.565
— 2°	0.358
— 4°	0.116

Au lieu de le plonger dans l'eau, l'auteur a cacheté avec de la cire la section d'un rameau de 3,68 grammes et l'a abandonné pendant trois heures à un froid de — 10°c. Le poids n'a pas changé et l'eau évaporée correspond donc précisément à la correction de 0,1 pour 100 de rameaux.

Les rameaux de *Taxus buccata* évaporent encore à la température — 20°c.

Toutes ces expériences ont été faites à la lumière diffuse.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2

Le gérant, G. MASSON.

ÉTUDES COMPARATIVES

SUR

LES BLÉS D'AMÉRIQUE, DE L'OCÉANIE ET LES BLÉS INDIGÈNES

PAR

M. B. CORENWINDER.

Depuis quelques années la culture des céréales a pris un développement considérable dans le nouveau monde et l'Océanie, notamment aux États-Unis, en Australie, en Californie, au Chili et à la Nouvelle-Zélande, cette île où la civilisation n'a pénétré qu'à une époque très-récente.

Aux États-Unis, la Californie comprise, la production moyenne du blé est de 94 814 500 hectolitres. Elle a été en :

1870 de	103 588 000	hectolitres
1871	82 800 000	—
1872	89 964 000	—
1873	99 720 000	—
1874	108 000 000	— (1).

Les productions de l'Australie, du Chili et de la Nouvelle-Zélande sont moins connues. Ces pays en exportent déjà en Angleterre et ailleurs, ce qui prouve que leur agriculture a prospéré en peu d'années d'une manière surprenante. On estime que l'Australie pourra exporter cette année environ 2 500 000 hectolitres, dont une grande partie pour le cap de Bonne-Espérance, l'île Maurice et les autres colonies du Sud.

Les exportations du Chili pendant les trois dernières années ont été :

En 1872	908 500	hectolitres
1873	987 800	—
1874	1 221 400	—

Quant à celles des États-Unis d'Amérique, la Californie comprise, en voici l'importance :

(1) On sait que la production annuelle du froment en France varie de 80 à 120 millions d'hectolitres.



En 1872	5 460 000	hectolitres
1873	12 524 000	—
1874	14 621 000	—

Ce mouvement commercial ayant pris depuis peu d'années un développement considérable qui tend à s'accroître tous les jours, il m'a semblé qu'il pouvait y avoir intérêt à connaître les richesses relatives de ces blés exotiques. Un négociant importateur a eu l'obligeance de mettre à ma disposition des échantillons authentiques pris dans des chargements arrivés du Chili, de l'Orégon, de la Californie, de la Nouvelle-Zélande et de l'Australie. J'ai donc profité de cette occasion pour me livrer à une étude assez complète de ces différentes céréales au point de vue de la composition de leurs éléments principaux.

Comme terme de comparaison, j'ai fait aussi des analyses de certaines variétés de blés récoltés dans l'arrondissement de Lille, telles que le froment blanc d'Armentières, le blé roux à barbes, celui que l'on désigne sous le nom de blé bleu, et une espèce qui a joui d'une certaine faveur, à cause du rendement élevé qu'elle donne en culture. Je veux parler du blé Galand.

On trouvera dans le tableau suivant le résultat de mes expériences.

NUMÉROS.	ORIGINE DES BLÉS.	BLÉ.		AZOTE dans 100 gr. de farine sèche.	COMPOSITION DES FARINES.		
		Son.	Farine.		Eau.	Gluten, albumine	Amidon et sels.
1.	Blé Galand	11,90	88,10	1,14	13,15	6,81	80,04
2.	— bleu	17,10	82,90	1,16	12,61	6,28	83,11
3.	— du Chili	17,15	82,85	1,39	13,00	7,56	79,54
4.	— du Chili, 2e qualité	20,10	79,90	1,41	12,04	7,75	80,21
5.	— d'Armentières	20,00	80,00	1,48	13,20	8,03	78,77
6.	— de Californie	20,15	79,85	1,48	11,00	8,23	80,77
7.	— de l'Orégon	8,30	81,70	1,51	13,75	8,17	78,08
8.	— de la Nouvelle-Zélande	18,70	81,30	1,63	11,85	8,98	79,17
9.	— d'hiver d'Amérique	19,80	80,20	1,70	12,00	8,52	79,48
10.	— blanc d'Australie	18,70	81,30	2,08	14,00	11,18	74,82

L'examen de ce tableau peut donner lieu aux observations suivantes :

1 Le blé dit Galand fournit une plus forte proportion de farine que les autres. C'est un avantage dont il faut tenir compte et qui dépend de la grosseur exceptionnelle de son grain.

Malheureusement la farine de ce blé laisse beaucoup à désirer. Elle manque de blancheur. Pauvre en matières azotées, elle donne une pâte peu liante qui produit un pain sans cohésion. Aussi est-elle délaissée par la meunerie.

2 Cette variété a reçu la dénomination de blé bleu à cause de la teinte un peu azurée de ses balles. On la désigne aussi, à tort paraît-il, sous le nom de blé d'Australie. Son grain est roux, assez gros. Sa farine est courte, parce qu'elle renferme une insuffisante quantité de gluten. Cette espèce est peu estimée par la boulangerie.

3 et 4 Le froment récolté au Chili a un grain blanc, bien conformé, assez gros et régulier. Il donne une farine comparable, par sa richesse en azote, à celle de notre blé de seconde catégorie. Le blé du Chili n'est, du reste, classé qu'en seconde ligne parmi les provenances d'Amérique.

5 et 6 Il est fort remarquable que le froment d'Armentières et celui de Californie que j'ai analysés, quoique récoltés à une si grande distance l'un de l'autre, aient produit une même quantité de farine dont les richesses en matières azotées sont les mêmes, eu égard au poids sec. On sait que la culture des environs d'Armentières est très-intensive. Des terres y ont acquis un haut degré de fertilité. Les récoltes en céréales y sont abondantes. Le froment y est de bonne qualité et fort estimé. La comparaison est donc à l'avantage du blé de Californie.

Il ne faudrait pas conclure de cette comparaison cependant que dans toutes les circonstances le blé de Californie et celui d'Armentières auront toujours une composition identique. Il existe dans le Nord des blés plus beaux et plus riches que l'échantillon dont j'ai donné l'analyse dans le tableau précédent. On trouve aussi, dans le commerce, des blés de Californie inférieurs à celui que j'ai eu à ma disposition. Il peut donc exister entre les espèces de provenances si éloignées, des divergences plus ou moins sensibles. Il faut dire qu'en général les blés des environs d'Armentières, Estaires, Merville, Bergues et d'autres localités du Nord, sont plus estimés par les praticiens que ceux qu'on reçoit de la Californie.

7 L'Orégon est une contrée située au nord de la Californie. Elle est baignée par un fleuve qui porte le même nom et qui a transmis le sien à toute la contrée. Ce fleuve, dont la source est dans les montagnes Rocheuses, se jette dans le grand Océan. Cette contrée a été explorée pour la première fois en 1792.

Le blé qui en provient et que j'ai analysé est d'une qualité supérieure. Son grain est blanc, clair et bien régulier. Sa farine est fort belle et, ainsi qu'on l'a vu, assez abondante. Comme froment blanc, tendre, il doit être placé en première ligne.

8 La Nouvelle-Zélande, dont l'Angleterre s'est emparée il a y quelques années seulement (en 1840), fournit déjà du blé à sa métropole. L'échantillon que j'ai analysé était blanc, d'un grain assez régulier, donnant une belle farine, riche en azote. Il paraît toutefois qu'il n'en est pas toujours ainsi, car on a reçu de cette colonie des chargements de blés fort irréguliers, mélangés de grains petits et roux.

9 L'échantillon de blé d'hiver d'Amérique récolté dans l'Ohio ou le Michigan laissait un peu à désirer au point de vue de la qualité. On en importe souvent de meilleurs de ces contrées. Ce blé est roux, son grain petit, translucide, d'apparence cornée : aussi est-il riche en matières azotées.

C'est cette variété que l'on cultive plus particulièrement dans l'Amérique du Nord et que l'on reçoit en Europe.

10 L'analyse du blé récolté en Australie donne une nouvelle confirmation de la supériorité qu'il acquiert dnas ce pays, et justifie la haute réputation dont il jouit sur les marchés européens comme blé de semence ou de consommation. Son grain est clair, régulier, assez gros; sa farine de fort belle qualité est plus abondante et plus riche en substances azotées que celles qu'on extrait de nos meilleurs blés du Nord. En un mot, l'Australie, cette terre féconde en merveilles végétales et en productions si variées, fournit les plus beaux blés du monde.

Les analyses précédentes ont toutes été effectuées sur des blés tendres propres à la panification. Ceux de cette catégorie, on le sait, sont moins riches en gluten que les blés durs que l'on emploie plus spécialement pour fabriquer des gruaux, des farines à vermicelles, à pâtes alimentaires, telles que le couscoussou des Arabes. D'après M. Payen, certains froments durs d'Afrique, de Taganrok, de la Vénézuéla donnent des farines qui contiennent jusqu'à 3 pour cent d'azote de leur poids sec.

Il était essentiel de faire cette distinction, car si la richesse en substance azotée peut être un des principaux éléments d'appréciation des céréales, c'est à la condition de ne pas confondre les deux catégories que je viens de spécifier. Un blé dur, riche en gluten, a

souvent moins de valeur qu'un blé tendre qui en renferme une plus faible proportion. Cela dépend de l'usage auquel la farine est destinée, ainsi que des variations de cours provoquées par l'abondance ou la rareté de l'une ou l'autre marchandise.

Du reste, il y a beaucoup d'autres considérations qui servent à établir la qualité des blés, indépendamment des données de l'analyse chimique, les praticiens ne s'y trompent pas, et il leur suffit souvent pour les apprécier de les examiner attentivement et de les manier. Par le goût et l'odorat ils jugent de leur degré de conservation. La propreté est une condition de premier ordre, ainsi que la blancheur de la farine et son rendement à la mouture.

On remarquera que dans le tableau précédent j'ai classé les blés analysés dans l'ordre de richesse de leur farine en substance azotée. J'ai pu me convaincre que cette échelle proportionnelle était conforme aux données de la pratique. En effet, ayant soumis mes échantillons à plusieurs négociants expérimentés dans le commerce des grains en les priant de vouloir bien les classer suivant leurs vues personnelles, j'ai constaté avec une véritable satisfaction que leurs appréciations étaient d'accord avec celles que l'expérience m'avait indiquées. Ce fait démontre une fois de plus que les recherches chimiques effectuées avec soin sont un *criterium* dont le commerce et l'industrie doivent faire leur profit.

Les substances azotées ont été déterminées dans mes analyses en dosant directement l'azote et en admettant selon l'usage, que 16 grammes d'azote représentent 100 grammes de gluten et d'albumine. Cette méthode n'est certainement pas d'une exactitude absolue, mais elle est plus correcte que celle qui consiste à doser le gluten seul par la malaxation sous un mince filet d'eau. Outre ce dernier principe immédiat, la farine renferme d'autres matières azotées nutritives, et on n'aurait pas l'expression réelle de sa valeur alimentaire, si on négligeait de faire entrer ces dernières en ligne de compte (1).

Personne n'ignore qu'il existe beaucoup de sortes de farines qui ne donnent pas de gluten par la malaxation et qui cependant

(1) La farine du blé d'Armentières (N° 5) et celle d'Australie (N° 10) m'ont donné par la malaxation sous un mince filet d'eau et en opérant avec toutes les précautions nécessaires :

La 1re	6,95 p. 100	de gluten	sec
La 2e	8,85	id.	id.



forment la base de l'alimentation des habitants de nombreuses contrées, telles sont les farines de riz, de maïs et de sarrasin.

J'ai fait l'analyse d'une farine de sarrasin récolté en Bretagne, au Conquet près de Brest. En voici la composition :

Eau	15,50
Matières azotées (1,60 d'azote pour 100)	10,00
Amidon, sels, etc	7,450
	100,00

D'après ces chiffres le sarrasin contiendrait autant d'azote que les blés de bonne qualité, mais cet élément s'y trouve-t-il dans un état de combinaison aussi favorable pour la nutrition animale que lorsqu'il entre dans la constitution du gluten? C'est ce que l'on ne saurait décider dans l'état actuel de la science. A cet égard on a des préjugés, à défaut de connaissances réelles.

Le son de blé lui-même contient une proportion d'azote très-élevée. C'est le chimiste Millon, je crois, qui a fait le premier cette intéressante observation.

J'ai examiné un échantillon de son de blé de fort belle qualité et j'y ai constaté les éléments suivants :

Eau	12,00
Matières azotées (Azote 2,49 p. 100)	15,56
Ligneux, amidon, sels	72,44
	100,00 (1)

D'après cette analyse, le son contiendrait plus d'azote qu'aucune des farines dont je viens de faire connaître la composition. S'en suivrait-il que le son leur est préférable au point de vue alimentaire? Évidemment non. On a dit toutefois que le pain fabriqué avec des farines d'une extraction incomplète est plus nutritif que celui qui provient de farine tout à fait pure. Cela est peut-être vrai, pour plusieurs raisons que je ne puis examiner ici.

De cette discussion, il résulte que puisqu'il n'est pas douteux que les matières azotées autres que le gluten ont aussi leur valeur nutritive, il est préférable de prendre pour base d'appréciation des farines leur richesse en azote que de se contenter de comparer le

(1) Un chimiste allemand, M. Oudemans, a trouvé dans l'extrait de diverses espèces de céréales des quantités d'azote variant de 1,96 à 2,35 p. 100. Ces variations dépendent de la nature des céréales, ainsi que de la quantité de farine qui reste adhérente aux parois des enveloppes.



gluten proprement dit. C'est, il me semble, ce qui doit prévaloir dans la pratique.

En examinant mes analyses, on est frappé de voir combien, à qualités semblables, il y a peu de différence de composition entre des blés récoltés à de grandes distances les uns des autres, tels que ceux d'Armentières comparés à ceux de Californie, de l'Orégon et même de la Nouvelle-Zélande. Dans des stations si éloignées, sous des climats si différents, ils ont nécessairement été soumis à des influences très-dissemblables, ils n'ont pas reçu les mêmes engrais, les sols qui les ont portés n'avaient pas sans doute des degrés de fertilité comparables. Il est donc probable que les variations de constitution des céréales dépendent surtout de leur nature propre, et que les espèces semblables se modifient lentement sous l'incitation de causes extérieures.

Le travail auquel je viens de me livrer soulève donc des questions intéressantes et complexes que je ne fais qu'ébaucher aujourd'hui. Bien que l'étude des céréales, au point de vue chimique, ait déjà fourni à plusieurs chimistes distingués l'occasion de travaux importants (1), il est à désirer que des recherches multipliées soient entreprises dans la voie que je viens d'indiquer. En attendant, il me paraît résulter de mes opérations que les personnes qui se livrent au commerce des céréales et qui en importent de l'étranger trouveraient dans le concours de la science un moyen d'appréciation qui compléterait avec avantage les procédés empiriques qui sont aujourd'hui en usage et qui présentent peut-être moins de sécurité. Déjà les Anglais font analyser les blés avant de les acheter, comme il est d'usage en France de le faire pour les sucres. Il n'est pas douteux que nos négociants auraient avantage à les imiter.

(1) Voyez notamment le mémoire de M. Peligot, *Annales de chimie et de physique*, t. XXIV, p. 1, et l'ouvrage de M. Barral, *le Blé et le Pain*. Paris, 1863.

RECHERCHES SUR LA RÉTROGRADATION DU PHOSPHATE SOLUBLE DANS LES SUPERPHOSPHATES EMPLOYÉS EN AGRICULTURE ET ÉTUDE DES PHOSPHATES DE SESQUIOXYDES

PAR

M. A. MILLOT

Ingénieur, chargé du cours de technologie à l'école de Grignon.

1er §. — HISTORIQUE.

On appelle rétrogradation des phosphates, une diminution de solubilité qui se produit dans les superphosphates, après leur fabrication, et on nomme phosphate rétrogradé la différence entre le titre de phosphate soluble constaté à un moment donné, et celui que l'on aurait obtenu si la dessiccation n'avait eu d'autre effet que de faire perdre de l'eau au produit.

L'instabilité du rapport de l'acide phosphorique soluble et insoluble renfermés dans ces engrais, est la plus grande difficulté que l'on ait rencontrée dans cette fabrication.

En Angleterre, où l'emploi des superphosphates date de 1840 et a pris depuis cette époque une importance de plus en plus considérable, cette question devait frapper vivement les agriculteurs et les fabricants, et amener entre eux de fréquentes contestations.

En 1868, un procès fort important fut plaidé aux assises de Glocester, au sujet d'un lot de superphosphates qui avait subi une rétrogradation considérable.

Le docteur Wœlcker, appelé à donner son avis, dit : « Est-il possible de déterminer exactement quelle quantité de phosphate réduit se trouve dans un superphosphate ? Cela n'est pas possible exactement. Il y a une ligne distincte qui sépare le soluble de l'insoluble : mais les phosphates naturels comprennent une grande variété de produits ayant divers degrés d'insolubilité. Lorsque les coprolithes sont moulus grossièrement, leur phosphate est très-insoluble, plus fins ils deviennent plus solubles, et le sont encore davantage quand ils sont en poudre tout à fait fine. Je ne vois pas

comment les différents degrés de solubilité peuvent être déterminés au moyen de l'analyse chimique. »

Les autres chimistes anglais consultés, parmi lesquels se trouvait M. Church, professeur au *Royal-agricultural College*, dirent que l'on pouvait déterminer la quantité de phosphate réduit par le bicarbonate de soude qui n'attaquait pas les phosphates naturels et dissolvait le phosphate réduit.

On voit par ce qui précède que les chimistes anglais avaient reconnu dès cette époque que le phosphate rétrogradé, qu'ils appellent phosphate réduit, était plus soluble dans les différents sels que le phosphate primitif.

Dans un ouvrage récent (1) sur la fabrication des superphosphates, M. Morfit donne l'explication suivante de la rétrogradation :

« Lorsqu'on ajoute à un superphosphate un minerai de phosphate de chaux bien pulvérisé, afin d'assécher le produit, cette substance est apte à réduire le biphosphate partie en phosphate tricalcique, partie en phosphate bicalcique, surtout quand il n'y a pas un excès d'acide sulfurique. Cette action chimique est produite par l'eau qui se trouve dans le superphosphate. »

Il en tire cette conclusion, que la partie indécomposée du triphosphate de chaux qui existe invariablement dans les superphosphates du commerce, est la cause qu'une portion du biphosphate devient insoluble dans l'eau (ce que l'on appelle en Angleterre *Going-back*, mot à mot, allant en arrière).

Le premier travail qui ait été publié, à ma connaissance, sur la rétrogradation de l'acide phosphorique est dû à M. Piccard, professeur à l'université de Bâle.

M. Piccard a étudié l'action de l'acide phosphorique et du phosphate acide de chaux sur le phosphate tricalcique précipité (2).

Il a mis en réaction un équivalent de phosphate de chaux des os, et un équivalent d'acide chlorhydrique ; soit moitié moins de ce qui eût été nécessaire pour transformer la matière en phosphate acide de chaux. En agitant vivement ensemble 155 parties de phosphate de chaux des os et 36,5 parties d'acide chlorhydrique (calculé en acide réel) et filtrant après une courte digestion, M. Piccard a trouvé

(1) *A practical treatise on pure fertilizers*, par Campbell Morfit, ancien professeur de chimie appliquée à l'université de Maryland. Londres, 1873.

(2) *Polytechnischen Zeitschrift*, de Bolley à Zurich, 1865.

dans la liqueur filtrée exactement la moitié de l'acide phosphorique total.

En laissant réagir le même mélange pendant longtemps, le phosphate acide de chaux s'est combiné avec l'autre moitié du phosphate tricalcique en donnant naissance à du phosphate bicalcique cristallisé, d'après l'équation ci-contre :

$$\left.\begin{matrix}CaO\\CaO\\CaO\end{matrix}\right\} PO^5 + PO^5 \cdot CaO,2HO = 2\left(PO^5\left\{\begin{matrix}CaO\\CaO\\HO\end{matrix}\right.\right)$$

M. Piccard a remarqué que ces réactions ne se produisaient qu'avec une certaine lenteur, et en prélevant chaque jour une partie du liquide clair, il a constaté la diminution progressive de l'acide en solution. Ces réactions sont favorisées par une légère élévation de température, on obtient alors le sel bicalcique sous la forme d'un précipité cristallin.

M. Piccard admit que cette expérience expliquait pourquoi la quantité d'acide phosphorique soluble était plus considérable dans un superphosphate frais que dans le même produit sec, et il ajouta que cette observation ne s'appliquait qu'aux produits préparés avec une quantité d'acide sulfurique insuffisante pour une décomposition complète, de telle sorte qu'à côté du phosphate soluble, il restât beaucoup de phosphate inattaqué.

L'expérience de M. Piccard a une grande analogie avec une réaction indiquée, il y a quelques années, par M. Debray (1).

M. Debray mit en contact un équivalent de phosphate tricalcique gélatineux et un équivalent d'une solution de phosphate acide de chaux, et obtint, après quelques heures de réaction, du phosphate bicalcique cristallisé.

Cette expérience est le point de départ de la fabrication actuelle du phosphate bicalcique.

M. Birnbaüm (2) reprit l'étude de la rétrogradation, et indiqua d'abord que l'on peut trouver moins de phosphate soluble longtemps après la fabrication, que l'on n'en avait obtenu le premier jour, parce que le phosphate acide de chaux était très-hygroscopique.

Cette observation a peu d'importance, puisque ce qui permet de

(1) Comptes rendus de l'Académie des sciences, 1860.
(2) *Zeitschrift fur chemie*, 1871.

constater la rétrogradation est le rapport de l'acide phosphorique soluble à l'insoluble.

Du reste, M. Erlenmeyer a, depuis, infirmé cette opinion, et montré que le phosphate acide de chaux, après avoir pris de l'eau dans de l'air humide, la perdait dans un air sec (1).

M. Birnbaüm semble admettre que le phosphate rétrogradé est du phosphate bicalcique, et comme le monophosphate de chaux est précipité par l'acétate de soude, bien que par cette réactiou il se produise une quantité d'acide acétique suffisante pour dissoudre le phosphate précipité, il avait pensé que les autres sels, notamment le sulfate de chaux, pouvaient avoir la même action, mais il constate au contraire que ce sel empêche la décomposition du phosphate acide de chaux par l'ébullition.

Le travail le plus important qui ait été publié sur la rétrogradation est dû à M. Joulie (2).

Les conclusions de ce travail sont les suivantes :

L'acide phosphorique rétrogradé se trouve dans les superphosphates sous la forme de phosphate bicalcique, produit par trois réactions différentes pendant le séchage de la matière :

1° La saturation d'une partie plus ou moins importante de l'acide phosphorique libre formé d'abord, par le carbonate de chaux resté intact.

2° La réaction de ce même acide phosphorique libre sur le phosphate tricalcique resté intact.

3° Et principalement le dédoublement du phosphate acide de chaux, primitivement produit, sous l'influence du desséchement de la matière.

M. Joulie a étudié l'action de l'acide sulfurique sur un échantillon de phosphate précipité, et il déduit de ses analyses que l'acide sulfurique en léger excès pour former du phosphate acide de chaux, a donné naissance à de l'acide phosphorique libre et du phosphate acide de chaux, et laissé insoluble du phosphate bicalcique provenant de l'attaque incomplète d'une molécule de phosphate tricalcique, et du phosphate tricalcique inattaqué.

En analysant le produit desséché à l'étuve, M. Joulie trouve que l'acide phosphorique libre a presque entièrement disparu, ainsi

(1) *Bulletin de la Société chimique*, 1873.

(2) *Moniteur scientifique* du Dr Quesneville. Juillet 1873.

que le phosphate tricalcique, et que le phosphate acide de chaux et le phosphate bicalcique se sont considérablement accrus, et il explique les réactions indiquées de la manière suivante :

1° Réaction de l'acide phosphorique sur le phosphate bicalcique produit par l'action de l'acide sulfurique,

$$PO^5,3HO + \left.\begin{matrix} CaO \\ CaO \\ HO \end{matrix}\right\} PO^5 = 2\left(\left.\begin{matrix} CaO \\ HO \\ HO \end{matrix}\right\} PO^5\right) + 2HO$$

d'où augmentation de la quantité de phosphate acide de chaux.

2° Réaction de l'acide phosphorique sur le phosphate tricalcique.

$$2\left\{\begin{matrix} CaO \\ CaO \\ CaO \end{matrix} PO^5 + PO^5,3HO = 3\left(\left.\begin{matrix} CaO \\ CaO \\ HO \end{matrix}\right\} PO^5\right)\right.$$

La solubilité du superphosphate pourra donc augmenter ou diminuer suivant que l'une ou l'autre de ces réactions l'emportera.

Effets de la dessiccation sur les superphosphates. Dédoublement du phosphate acide de chaux. On sait que le phosphate acide de chaux ne peut être obtenu que dans une liqueur contenant de l'acide phosphorique en excès. Quand on lui enlève cet excès d'acide, le sel devient très-instable.

M. Joulie a pris du phosphate acide aussi pur que possible et l'a soumis à des températures croissant de 10 en 10°, il a reconnu que l'eau de cristallisation s'en allait lentement et progressivement. Des 50° un tiers de l'eau de cristallisation est éliminé, et pour la faire disparaître entièrement il faut arriver à 180°. En examinant à plusieurs temps de l'opération l'état de la masse, on constate qu'il s'y forme un produit insoluble dans l'eau qui est du phosphate bicalcique, et dont la proportion va en croissant avec l'élévation de température.

Effets de la dessiccation sur les superphosphates industriels. M. Joulie a analysé des superphosphates frais, puis séchés à froid, à 60° et à 140°. Il a constaté dans tous les cas une rétrogradation et attribue ce phénomène à la dessiccation du produit.

D'après ce chimiste, par l'attaque du phosphate à l'aide de l'acide sulfurique à 53°, il ne se forme que de l'acide phosphorique libre, et

du sulfate de chaux anhydre. Lorsque la réaction se calme, le plâtre fait prise, l'acide sulfurique n'enlève plus au phosphate que deux équivalents de chaux, il se forme du phosphate acide. En même temps l'acide phosphorique réagit sur le carbonate et le phosphate de chaux inattaqué, et produit du phosphate bicalcique. Le phosphate acide de chaux et le plâtre fixent de l'eau, et le produit se dessèche. C'est sous l'influence de cette dessiccation spontanée que le phosphate acide de chaux se dédouble et produit encore du phosphate bicalcique.

La réaction du carbonate de chaux sur l'acide phosphorique ne produit pas de phosphate acide de chaux ni de phosphate tribasique. Elle engendre du phosphate bicalcique d'après l'équation :

$$PO^5,3HO + 2CaO,CO^2 + 3HO = \left.\begin{matrix} CaO \\ CaO \\ HO \end{matrix}\right\} PO^5,4HO + 2CO^2.$$

En résumé, la rétrogradation serait due à la formation de phosphate bicalcique produit par les trois réactions indiquées plus haut.

Je n'ai jamais pu constater la formation de phosphate bicalcique lors de l'attaque du minerai par l'acide, et quant à la décomposition du phosphate acide de chaux par la dessiccation, elle n'a lieu que si le phosphate acide ne se trouve pas en présence d'acide phosphorique libre, ce qui n'est jamais le cas des superphosphates industriels.

M. Kolb (1) a étudié récemment la formation du phosphate acide de chaux dans les superphosphates.

D'après lui, il ne peut pas y avoir de phosphate bicalcique produit par l'attaque de l'acide sulfurique, ni par celle de l'acide phosphorique; mais il admet qu'il se forme du pyrophosphate de chaux (2). Si l'on met en réaction un équivalent de phosphate tricalcique, et deux équivalents d'acide sulfurique à 53°, la température s'élève de 120 à 150° et dans ces conditions il ne peut se faire de phosphate monocalcique.

1° à 100°. Le phosphate monocalcique, même en solution se dé-

(1) Comptes rendus de l'Académie des sciences, mars 1874.

(2) La formation de pyrophosphates dans cette fabrication me semble peu probable : En effet, en dissolvant du superphosphate dans l'acide chlorhydrique à froid, puis par une ébullition prolongée, dans cet acide, et dosant l'acide phosphorique sous la forme de phosphate amoniaco-magnésien on trouve le même dosage dans les deux cas, ce qui n'aurait pas lieu s'il s'était formé de l'acide pyrophosphorique.



compose partiellement et donne un précipité de pyrophosphate bicalcique.

2° Entre 120 et 150°. Le plâtre devient anhydre et décompose le phosphate monocalcique en absorbant l'eau nécessaire à ce dernier.

3° Lorsqu'on met l'acide sulfurique en présence d'un mélange de phosphates mono et tricalcique, l'acide attaque le phosphate monocalcique et laisse l'autre intact.

L'acide phosphorique en présence du phosphate tricalcique, à la température ordinaire, le transforme en phosphate monocalcique ; d'après l'auteur, cette réaction se produirait toujours même en présence d'un excès de phosphate tricalcique.

Dans la fabrication des superphosphates, il se produirait donc deux phases :

Première attaque du phosphate et production d'acide phosphorique.

Deuxième attaque du phosphate tricalcique par l'acide phosphorique, et formation de phosphate acide.

Si les phosphates employés sont durs, la deuxième attaque se fait moins bien, la première se fait vite, le produit restera pâteux, et conservera une certaine quantité d'acide phosphorique libre et de phosphate inattaqué.

Si le phosphate est très-attaquable, les deux phases se feront très-vite, la première nuit à la deuxième il se fera des pyrophosphates, et on ne trouvera plus d'acide phosphorique libre.

IIe §. — RECHERCHE DES CAUSES DE LA RÉTROGRADATION.

En 1869, j'ai entrepris à la ferme extérieure de l'École d'agriculture de Grignon, une fabrication de superphosphates avec des coprolithes des Ardennes, titrant 42 p. 100 de phosphate de chaux. J'ai employé la quantité d'acide sulfurique nécessaire pour transformer en plâtre toute la chaux du phosphate et du carbonate de chaux renfermé dans le produit. On a obtenu les résultats suivants.

Premier jour de la fabrication :

Acide phosphorique	soluble	10 p. 100
—	— insoluble	2 p. 100

Après séchage à l'air libre on a trouvé :

Après un mois, acide phosphorique		soluble	5 p. 100
—	—	insoluble	7 p. 100
Au bout d'un an		soluble	1 p. 100
—		insoluble	11 p. 100 (1)

Frappé de l'énorme rétrogradation que présentaient les superphosphates ainsi obtenus, j'ai recherché immédiatement par des essais de laboratoire, si la rétrogradation était aussi considérable avec les autres phosphates commerciaux employés à cet usage.

J'ai reconnu promptement que les matières ne renfermant pas ou peu de sesquioxydes, traitées dans les conditions industrielles ordinaires, ne rétrogradaient pas, sauf quand l'acide était en défaut.

Tels sont : les os pulvérisés, le noir animal, les guanos phosphatés; enfin les apatites de Logrosan, de Cacérès, de Norwége et du Canada, et quelques phosphorites du Lot, d'une grande richesse, et ne renfermant que peu ou pas de sesquioxydes.

La rétrogradation a été considérée, d'après ce que nous venons de voir, d'abord en Angleterre, puis en Allemagne et en France, comme due à la formation du phosphate bicalcique, par suite de l'attaque du phosphate de chaux, laissé intact par l'acide phosphorique libre. Ce qui a fait admettre cette explication, c'est que l'on a reconnu très-promptement que le phosphate rétrogradé était plus facilement soluble dans les différents sels que le phosphate primitif. On chercha alors à profiter de cette propriété pour doser le phosphate rétrogradé, en Angleterre, à l'aide du bicarbonate de soude et de l'oxalate d'ammoniaque, en Allemagne et en France, par le citrate d'ammoniaque, produits qui dissolvent facilement le phosphate bicalcique.

Cette manière d'envisager la question est absolument inconciliable avec les propositions suivantes, que je me propose de démontrer plus loin :

1° Avec du phosphate de chaux ne renfermant pas de sesquioxyde on n'a pas de rétrogradation, quand on emploie assez d'acide sulfurique pour transformer tout le phosphate en phosphate acide.

2° La rétrogradation devient considérable avec des produits ren-

(1) On avait traité 100 parties de coprolithes par 60 parties d'acide sulfurique à 53° et 10 parties d'acide chlorhydrique. Ce dernier acide empêche la prise en masses dures du superphsophate en retardant la dessiccation. La rétrogadation se trouve aussi retardée par le même motif, ce qui a souvent fait croire qu'elle était moins considérable, mais elle ne s'en produit pas moins complétement.



fermant de l'oxyde de fer où de l'alumine. Elle est généralement plus complète avec les coprolithes du grès vert qu'avec les phosphorites du Quercy ou de Nassau.

3° Avec des coprolithes ou des phosphorites impures, si l'on fait varier la proportion d'acide sulfurique, depuis la quantité nécessaire pour faire du phosphate acide de chaux, jusqu'à celle qu'il faut employer pour n'avoir que de l'acide phosphorique, la rétrogradation croît proportionnellement à la quantité d'acide sulfurique.

Cette dernière proposition est en complète opposition avec ce qui est admis dans l'industrie, où l'on croit qu'il faut forcer la dose d'acide pour diminuer la rétrogradation.

J'ai donc été conduit à admettre que la rétrogradation était due, dans le traitement industriel des phosphates, à la présence de l'oxyde de fer et de l'alumine. Pour le démontrer, j'ai ajouté des sesquioxydes, à du phosphate de chaux pur, traité par l'acide sulfurique, et j'ai obtenu tous les phénomènes de la rétrogradation.

J'ai isolé ensuite le phosphate rétrogradé et j'ai vu qu'il était formé de phosphates de fer et d'alumine. Mais l'analyse de ces composés ne correspondait pas aux formules des phosphates de sesquioxydes connus ; pour connaître les conséquences de la rétrogradation et les propriétés des phosphates rétrogradés, il fallait donc reproduire au laboratoire ces composés de fer et d'alumine.

J'ai été amené par ce qui précède à diviser cette étude ainsi qu'il suit :

Méthodes d'analyses employées.

Fabrication des superphosphates.

Pour simplifier l'exposition de cette fabrication j'ai adopté quant à présent la classification suivante :

1° Phosphates de chaux facilement attaquables par les acides faibles et exempts de sesquioxydes, os, noirs, guanos phosphatés et phosphates riches du Lot et du Tarn-et-Garonne.

2° Apatites d'Espagne, de Norwége et du Canada, ne renfermant que très-peu de sesquioxydes.

3° Coprolithes du grès vert qui renferment du protoxyde et du peroxyde de fer, et de l'alumine inattaquable à froid par l'acide phosphorique.

4° Les phosphates ordinaires du Quercy et une partie des phos-

phates du Nassau renfermant du sesquioxyde de fer, de l'alumine, facilement attaquable par les acides faibles.

Étude des phosphates de fer et d'alumine.

III[e] §. — MODE DE DOSAGE EMPLOYÉ DANS CES ESSAIS.

Partie soluble dans l'eau.

On opère sur 5 grammes de poudre du superphosphate, on les traite par une petite quantité d'eau dans un verre ou un mortier, on filtre et on lave, en ajoutant sur le résidu insoluble de petites fractions de liquide, environ 50 centimètres cubes à la fois. On continue les lavages jusqu'à ce que l'on ait obtenu un litre de liquide filtré. On exécute les dosages sur 100cent. cubes 0,5 de matière.

On dose : l'acide phosphorique soluble,
l'acide sulfurique,
la chaux,
la magnésie,
et, s'il y a lieu, l'alumine et le fer.

L'acide phosphorique soluble est dosé par la méthode citro-uranique de M. Joulie, mais quand la partie soluble du superphosphate ne renferme pas de sesquioxyde, ce qui arrive non-seulement avec les produits numéro 1 et numéro 2, mais encore avec les coprolithes du grès vert, on peut faire directement le dosage avec le sel d'urane sans passer par le phosphate ammoniaco-magnésien. En effet la chaux se trouve toujours en quantité insuffisante pour former du plâtre et du phosphate acide de chaux, comme l'a montré M. Dehérain (1), et il ne se précipite pas de phosphate bicalcique à l'ébullition en liqueur acétique.

Quand la liqueur renferme de l'alumine, comme dans le cas du traitement des phosphates du Quercy, ou du Nassau, il faut absolument transformer le phosphate en phosphate ammoniaco-magnésien, le phosphate d'alumine soluble étant précipité à l'ébullition ou même par simple addition d'eau.

L'acide sulfurique, la chaux et la magnésie sont dosés comme d'habitude. On ne rencontre jamais de fer à moins d'avoir employé un excès très-considérable d'acide sulfurique.

(1) *Recherches sur l'emploi agricole des phosphates*, 1860.



Pour doser l'alumine, on précipite 100cc de liqueur par l'ammoniaque et on reprend par l'acide acétique ordinaire; il reste un précipité qui, dissous, précipité de nouveau, lavé et calciné, correspond exactement à la formule PO^5, Al^2O^3, d'où l'on déduit l'alumine contenue.

De la proportion d'acides solubles par rapport aux bases, on peut déduire l'acidité plus ou moins grande du produit, et il est même commode de transformer tout l'acide sulfurique en plâtre par le calcul et de voir ensuite combien il resterait de chaux unie à l'acide phosphorique pour former du phosphate acide de chaux, bien que rien ne nous indique comment se fait le partage de la base entre les deux acides en excès. En traitant par l'alcool, on précipite l'acide sulfurique sous forme de plâtre, et on ne trouve d'acide sulfurique libre que si la quantité est plus grande que celle qui est nécessaire pour saturer toute la chaux.

On a essayé à plusieurs reprises de doser l'acide phosphorique libre dans les superphosphates en les traitant par l'alcool. M. Joulie a proposé l'emploi de l'alcool à 80°.

J'ai trouvé des variations très-considérables, suivant le titre de l'alcool employé. *Exemple :*

Un superphosphate d'apatite, de fabrication ancienne, renfermait :

Acide phosphorique soluble	14,52	(dans un litre d'eau).
Acide sulfurique —	19,40	
chaux —	17,79	

d'où, d'après le calcul précédent, on trouve : acide phosphorique libre 3,85.

Avec de l'alcool à 95° on obtient 1,57 p. 100 d'acide phosphorique; le plâtre précipité empêche sans doute la diffusion de l'acide.

Avec de l'alcool à 80° on obtient	4,40 p. 100
Avec de l'alcool à 50° — —	7,20 p. 100

Dans ce dernier cas, le phosphate acide de chaux est décomposé par l'alcool, comme l'ont indiqué MM. Berzélius et Raewski.

$$3\,(PO^5,CaO\ 2HO) = PO^5\,3HO + 2PO^5 \left\{ \begin{array}{l} CaO\ HO \\ CaO\ HO \\ CaO\ HO \end{array} \right.$$

J'ai refait les analyses de ce produit et j'ai trouvé :

CaO — 31,50, au lieu de 30,62
PO^5 — 52
HO — 16,50
100,00

Ce produit renferme un peu plus de chaux que ne l'indique la formule de Berzélius ce qui provient probablement d'une décomposition produite par les lavages à l'alcool.

On voit que le titre de l'alcool a une influence trop considérable pour que l'on puisse obtenir des résultats certains; du reste, M. Corenwinder a montré que l'alcool absolu décomposait un peu le phosphate acide de chaux, et le résidu insoluble, après deux jours de digestion, présente le rapport de : 6 CaO et 5,7 PO^5. J'ai reconnu qu'en ajoutant de l'eau à l'alcool, la décomposition est de plus en plus considérable jusqu'à ce qu'elle soit complète.

De plus, si le produit renferme de l'alumine en solution, on précipite par l'alcool des sous-sels d'alumine, et on peut conclure à une grande acidité quand au contraire les acides sont entièrement saturés.

Dosage de la partie insoluble dans l'eau.

On peut épuiser sur le filtre le résidu insoluble avec de l'eau, pour enlever le plâtre; il faut environ cinq à six litres d'eau pour le dissoudre entièrement. Dans le résidu, on dose la chaux et l'acide phosphorique.

On fait ensuite le dosage de l'acide phosphorique total du superphosphate.

Avec des superphosphates frais, le soluble et l'insoluble égalent exactement le total; avec les superphosphates secs, on trouve généralement une différence de 0,20 à 0,30 d'acide phosphorique pour 100 de produit; on peut l'attribuer à du phosphate bicalcique dissous par les cinq litres d'eau, mais aussi à la difficile solubilité du plâtre sec, qui retient un peu de phosphate soluble. Dans ce cas, il est plus exact de n'épuiser que par un litre d'eau, faire sécher le filtre et doser dans le résidu la chaux, l'acide sulfurique et l'acide phosphorique; on déduit le plâtre calculé.

Dosage qualitatif du phosphate rétrogradé.

On prend le produit de 5 grammes, épuisé par 1 litre d'eau, on le sèche à 100° et on le pèse; sur $0^{gr},5$ du résidu on recherche le phosphate bicalcique par le traitement à froid par 50^{cc} d'acide acétique ordinaire.



On traite $0^{gr},5$ par le citrate d'ammoniaque; on dissout ainsi le phosphate bicalcique et les phosphates de fer et d'alumine, comme nous le verrons plus loin, puis on fait le dosage de l'acide phosphorique total et de la chaux du résidu (on retranche le plâtre que l'on a calculé).

On a ainsi : acide phosphorique total;
acide soluble dans le citrate d'ammoniaque;
et par différence : acide phosphorique resté entièrement insoluble.

En retranchant de l'acide phosphorique soluble dans le citrate d'ammoniaque, celui qui a été dissous dans l'acide acétique, on a l'acide phosphorique combiné aux sesquioxydes. De plus, en dosant la quantité de chaux insoluble dans le citrate d'ammoniaque, et qui se trouve combinée à l'acide phosphorique qui y est également insoluble, on trouve toujours trois équivalents de chaux pour un d'acide phosphorique; et la chaux soluble dans le citrate d'ammoniaque calculée par différence de la chaux totale et de celle qui y est insoluble, représente la quantité qui est combinée à l'acide phosphorique pour former du phosphate bicalcique. On a ainsi une vérification du chiffre trouvé par la dissolution acétique (1).

Dosage du fer et de l'alumine.

Le dosage du fer s'effectue par le procédé de M. Margueritte, auquel on doit faire la modification suivante :

Dans le procédé primitif, on emploie une solution de protochlorure de fer que l'on titre avec une solution de permanganate.

La matière à essayer est traitée par l'acide chlorhydrique et le fer réduit au minimum. En versant la solution de permanganate dans le sel de fer, la liqueur se colore en jaune et les premières gouttes de permanganate en excès donnent une coloration orange. Généralement il en est de même dans les deux cas, mais en présence d'un grand excès de phosphates, il se forme du phosphate de sesquioxyde de fer incolore; la coloration rouge apparaît instantanément, et on ne se trouve plus dans les conditions du titrage de la liqueur.

(1) Il était à craindre que le phosphate bicalcique à un équivalent d'eau, qui se forme dans les superphosphates, fût peu soluble dans l'acide acétique. 50cc de cet acide dissolvent $0^{gr},500$ de phosphate bicalcique à 5 équivalents d'eau et $0^{gr},400$ de phosphate à un équivalent d'eau, soit la même quantité d'acide phosphorique dans les deux cas.

On remédie à cet inconvénient en titrant la liqueur de permanganate avec du sulfate de protoxyde de fer au lieu de protochlorure; les liqueurs restent incolores jusqu'au moment où tout le fer est peroxydé (1).

Lorsque la matière renferme du fer et de l'alumine, on dose les sesquioxydes en précipitant la solution acide du produit par de l'ammoniaque et redissolvant par l'acide acétique. Les sesquioxydes sont alors sous la forme de phosphates insolubles de la formule PO^5,M^2O^3. On lave et on calcine; en retranchant du poids total le poids du phosphate de fer que l'on connaît, on obtient par différence le phosphate d'alumine, d'où l'alumine.

On peut aussi doser très-exactement le fer en le précipitant par le sulfhydrate d'ammoniaque dans la liqueur citro-magnésienne, dont on a séparé le phosphate ammoniaco-magnésien; on obtient ainsi le fer sous la forme de sulfure de fer, qui, lavé et calciné, donne un résidu de peroxyde de fer.

L'alumine reste en solution; on peut constater sa présence en évaporant à sec, puis calcinant le résidu citrique, en dissolvant les cendres dans un acide, et précipitant par le carbonate d'ammoniaque; on obtient l'alumine. Malheureusement cette méthode ne peut servir de procédé d'analyse, parce que les évaporations de liqueurs citro-ammoniacales donnent lieu à des projections qui sont à peu près impossibles à éviter. De plus, l'alumine ainsi obtenue renferme toujours de la magnésie, dont il est difficile de la débarrasser complétement.

IVe §. — FABRICATION DES SUPERPHOSPHATES.

1re classe. — Phosphates de chaux exempts de sesquioxydes et facilement attaquables par les acides.

J'ai placé dans cette division les matières premières qui se comportent sous l'action de l'acide sulfurique comme le phosphate de chaux précipité pur, et qui ne renferment en quantité importante, d'autres matières étrangères que du carbonate de chaux.

Tels sont les os dégélatinés, les noirs neufs ou revivifiés, les

(1) Dans les essais de minerais de fer l'on est souvent gêné par cette coloration jaune. On peut rendre les liqueurs incolores en ajoutant à la solution chlorhydrique un grand excès d'acide sulfurique pur. Les dosages de fer sont rendus ainsi beaucoup plus sensibles.



guanos phosphatés, et les phosphates précipités des fabriques de gélatine.

Pour étudier l'action de l'acide sulfurique sur cette classe de produits, j'ai employé du phosphate de chaux précipité à peu près pur, et renfermant 46,6 pour 100 d'acide phosphorique et 54,4 pour 100 de chaux. Ce produit renfermait un peu de phosphate bicalcique, mais en quantité très-faible.

En attaquant un équivalent de ce phosphate par trois équivalents d'acide sulfurique à 53°, on obtient une masse pâteuse entièrement soluble dans l'eau et qui ne sèche pas. C'est de l'acide phosphorique empâté dans du plâtre.

Avec un équivalent de phosphate, et deux équivalents d'acide sulfurique, et une quantité d'eau suffisante pour empâter la masse de phosphate, on obtient après refroidissement pour 100 d'acide phosphorique contenu,

PO^5 soluble 96,63. Insoluble 3,37.

après séchage à l'air libre jusqu'à ce que le poids du produit reste constant, on obtient :

PO^5 soluble 98.61. Insoluble 1,39.

Avant comme après le séchage, l'analyse de la partie insoluble montre que le phosphate insoluble renferme toujours trois équivalents de chaux pour un équivalent d'acide phosphorique ; c'est du phosphate tricalcique inattaqué.

Puisque l'on avait employé exactement la quantité d'acide sulfurique nécessaire pour transformer tout le phosphate insoluble en phosphate acide de chaux et qu'une partie du phosphate est restée inattaquée, il s'était donc formé le premier jour une certaine quantité d'acide phosphorique libre ; en faisant le dosage de la chaux soluble, de l'acide sulfurique et de l'acide phosphorique, on trouve que le produit renferme pour 100 d'acide phosphorique total 6,75 d'acide phosphorique libre, soit le double de l'acide phosphorique resté inattaqué, ce que l'on pouvait prévoir à priori.

Après séchage, cet acide phosphorique libre a diminué, il a attaqué le phosphate tricalcique pour former du phosphate acide de chaux, mais la réaction n'a pas été complète, et il s'est formé un état d'équilibre entre l'acide phosphorique libre, le phosphate acide de chaux, et le phosphate inattaqué. Si avant de faire l'analyse du

produit sec, on le laisse digérer pendant quelques jours dans une petite quantité d'eau, la teneur en acide phosphorique soluble diminue, et le résidu insoluble se transforme intégralement en phosphate bicalcique.

En employant pour un équivalent de phosphate tricalcique, un seul équivalent d'acide sulfurique,

J'ai obtenu après refroidissement pour 100 d'acide phosphorique total :

PO^5 soluble 47,717. Insoluble 52,283.

La partie insoluble est du phosphate tricalcique, et même dans ces conditions il s'est formé de l'acide phosphorique, puisque l'on n'a que 47,7 d'acide soluble pour 100 au lieu de 50.

Le séchage se fait à l'air très-rapidement, et au bout de quelques jours le produit ne change plus de poids, on trouve alors :

PO^5 soluble 44,66. Insoluble 55,34.

Le résidu insoluble d'après les proportions de chaux qu'il renferme est un mélange de phosphates bi et tricalcique.

Il y a eu rétrogradation, faible il est vrai, mais qui augmente avec le temps.

Si l'on fait sécher ce superphosphate à l'étuve à 100°, l'acide phosphorique soluble diminue encore un peu :

PO^5 soluble 42,50. Insoluble 56,50.

Si on laisse digérer le superphosphate précédent dans une petite quantité d'eau, chaque jour la rétrogradation augmente très-rapidement, et le résidu se transforme en phosphate bicalcique cristallisé.

On peut donc conclure de ces expériences qu'avec du phosphate de chaux pur, il ne se forme du phosphate bicalcique que lorsque l'acide sulfurique est en défaut dans les produits que l'on fait sécher, et quand il n'y a plus d'acide phosphorique libre.

Influence du carbonate de chaux.

J'ai cru pendant longtemps que le carbonate de chaux que l'on rencontre dans presque tous les phosphates fossiles, était une des causes de la rétrogradation.

Quand on attaque un semblable phosphate par l'acide sulfurique

même étendu, il y a toujours en effet des grains de carbonate de chaux qui, entourés de plâtre, échappent à la réaction. Ce carbonate de chaux est ensuite attaqué pendant le séchage du produit et l'acide carbonique disparaît.

On pouvait croire que dans ces conditions l'acide phosphorique, attaquant le carbonate de chaux, donnerait naissance à du phosphate bicalcique, comme l'ont indiqué M. E. Pelouze et Dussart.

Pour m'en assurer j'ai pris un équivalent de carbonate de chaux pur, et un équivalent d'acide phosphorique obtenu, comme il est dit plus haut, par l'action de l'acide sulfurique à 53° sur le phosphate tricalcique, et j'ai broyé le tout dans un mortier.

Il ne se forme dans ces conditions que du phosphate monocalcique qui reste indéfiniment soluble. Mais si l'on emploie une solution étendue d'acide phosphorique, on retombe alors sur la réaction de MM. Pelouze et Dussart, et il se forme du phosphate bicalcique.

Dans les superphosphates, il ne reste que des traces de carbonate de chaux, en présence de grandes quantités d'acide phosphorique, par conséquent il ne peut se former que du phosphate monocalcique.

C'est pourquoi j'ai placé dans cette classe et assimilé au phosphate de chaux pur des produits renfermant même de grandes quantités de carbonate de chaux.

2e classe. — Phosphates de chaux exempts de sesquioxydes, mais difficilement attaquables par les acides.

Cette classe comprend les apatites de Logrosan, de Cacérès, du Canada, et de Norwége.

Le produit mis en expérience présentait la composition suivante :

Apatites de Logrosan	Acide phosphorique	36,25
	Chaux	51,00
	Magnésie	0,14
	Silice	8,70
	Acide carbonique et fluor	3,91
		100,00

Ce phosphate ne renferme que des traces de sesquioxydes.

Pour obtenir théoriquement la transformation de ce phosphate en phosphate acide, il faut employer 90 pour 100 d'acide sulfurique à 53°, et pour obtenir de l'acide phosphorique, il faut ajouter

110 parties d'acide pour 100 de phosphate. Lorsque l'on emploie cette dose d'acide, on obtient une masse pâteuse, entièrement soluble dans l'eau et qui ne sèche pas.

J'ai employé successivement 80, 90, et 100 parties d'acide sulfurique à 53°, pour 100 de phosphate. J'ai ramené dans tous les cas le poids du liquide à 100, en additionnant d'eau, parce qu'avec 80 ou 90 pour 100 d'acide et des poudres passées au tamis de soie n° 110, on n'a pas assez de liquide pour empâter toute la masse et on se trouve dans les mêmes conditions que si on attaquait une portion de la poudre par tout l'acide, puis, qu'après l'attaque on ajoutait le reste du phosphate, ce qui équivaudrait à traiter le phosphate par l'acide phosphorique.

TABLEAU I. — MONTRANT L'AUGMENTATION DE LA QUANTITÉ D'ACIDE PHOSPHORIQUE SOLUBLE DANS LES SUPERPHOSPHATES PROVENANT DES APATITES.

		100 PARTIES DE PHOSPHATE.		
		Acide à 53° 80 p. 100. Eau, 10 p. 100.	Acide, 90 p. 100. Eau, 10 p. 100.	Acide 100. Eau 0.
2e jour de la fabrication.	PO^5. Sol. p. 100..	63.40	76.89	64.04
	PO^5. Insol. p. 100.	36.60	23.11	35.96
Après 1 mois..........	PO^5. Sol.........	77.80	87.07	89. »
	PO^5. Insol.......	22.20	12.93	11. »
Après 3 ans...........	PO^5. Sol........	79.50	90. »	92. »
	PO^5. Insol.......	20.50	10. »	8. »

On voit d'après ce tableau qu'il n'y a eu rétrogradation dans aucun cas : il y a eu gain d'acide phosphorique soluble, même avec une quantité d'acide sulfurique insuffisante pour former du phosphate acide de chaux. Le résidu insoluble est dans tous les cas du phosphate tricalcique inattaqué. Il reste toujours une quantité assez considérable d'acide phosphorique libre, ce qui tient à la difficulté de l'attaque de ce phosphate par l'acide phosphorique.

1° 80 pour 100 d'acide sulfurique à 53°. Eau 20 pour 100. Quantité d'acide insuffisante pour transformer le phosphate en phosphate acide de chaux.

Le deuxième jour après la fabrication, on a trouvé dans le superphosphate :

PO^5 soluble	11,55
PO^5 insoluble	6,67
Total.	18,22

Chaux insoluble 8,49, or 6,67 d'acide phosphorique ne correspondent qu'à 7,89 de chaux, il est donc resté dans le produit insoluble du carbonate de chaux et du fluorure de calcium inattaqué.

Après un mois, on a trouvé :

PO^5 soluble	14,9
PO^5 insoluble	4,25
Total.	19,15

Chaux insoluble 5,24 au lieu de 5,03 correspondant à 4,25 d'acide phosphorique, le carbonate de chaux et le fluorure de calcium ont donc été attaqués presque entièrement par l'acide phosphorique libre.

Au bout de trois ans, le produit renfermait :

PO^5 soluble	15,197
PO^5 insoluble	3,92
Total.	19,117

Chaux insoluble 4,65. Le résidu insoluble est donc exactement du phosphate tricalcique inattaqué, insoluble dans le citrate d'ammoniaque.

Dans ce cas particulier, l'acide phosphorique libre qui s'est formé a diminué par le séchage, mais il ne s'est pas produit, comme avec le phosphate de chaux précipité, du phosphate bicalcique, il s'est fait seulement du phosphate acide de chaux, ce qui tient sans doute à la difficulté de l'attaque de la poudre d'apatite par les acides. Le phosphate tricalcique étant attaqué par l'acide phosphorique, l'attaque va jusqu'au phosphate acide de chaux, plutôt que de s'arrêter au phosphate bicalcique, en se portant sur du phosphate inattaqué, comme cela a lieu avec le phosphate précipité.

2° 90 pour 100 d'acide à 53°. Eau 10 pour 100. C'est la quantité d'acide strictement nécessaire pour transformer tout le phosphate en phosphate acide de chaux.

Le deuxième jour après l'attaque on a :

PO^5 soluble	12
PO^5 insoluble	3,62
Total.	15,62

Chaux insoluble 4,25. Le résidu insoluble est du phosphate tricalcique.

Après un mois, on a :

PO^5 soluble	15,97
PO^5 insoluble	2,35
Total.	18,32

Chaux insoluble 2,85. Le résidu est donc encore du phosphate inattaqué.

Après trois ans, on a :

PO^5 soluble	16,47
PO^5 insoluble	1,83
Total.	18,30

Chaux insoluble 2,15 pour 100.

Au lieu d'une rétrogradation il y a donc eu gain d'acide phosphorique soluble au séchage et l'acide phosphorique libre dans le produit a diminué.

3° 100 parties d'acide pour 100 de phosphate.

Le deuxième jour, on a trouvé :

PO^5 soluble	10,625
PO^5 insoluble	6
Total.	16,625

Chaux insoluble 8,07 au lieu de 7,1, que l'on devrait avoir, il reste donc du carbonate de chaux et du fluorure inattaqué. La quantité de phosphate soluble obtenue est beaucoup moins considérable que dans l'exemple précédent, ce qui tient à ce que la grande quantité de plâtre formé au premier moment a empâté les grains de phosphate, et empêché l'action de l'acide sulfurique. Aussi ne s'est-il fait dans ces conditions que de l'acide phosphorique et pas de phosphate acide de chaux.

Après un mois, on a trouvé :

PO^5 soluble	15,40
PO^5 insoluble	1,90
Total.	17,30

Chaux insoluble 2,25. L'excès de chaux et une forte proportion du phosphate insoluble ont été attaqués par l'acide phosphorique pour former du phosphate acide de chaux.

Au bout de trois ans, on a obtenu :

PO^5 soluble	15,05
PO^5 insoluble	1,40
Total.	16,45

Chaux insoluble 1,65 pour 100.

On a trouvé dans cet échantillon, acide sulfurique soluble dans un litre 19,40. Chaux soluble dans un litre 17,79; d'où, en retranchant la chaux nécessaire pour former du plâtre, on voit celle qui reste unie à l'acide phosphorique pour former du phosphate acide de chaux, et on a par différence la quantité d'acide phosphorique libre qui n'est plus que de 3,85 pour 100.

M. Kolb a annoncé, comme nous l'avons vu plus haut, que de l'acide phosphorique en présence d'un excès de phosphate tribasique ne produisait que du phosphate acide. C'est ce qui arrive, en effet, dans ce cas, où le phosphate est très-difficilement attaquable, tandis qu'avec du phosphate précipité il se forme du phosphate bicalcique. Il est probable que l'on obtiendrait avec le phosphate précipité les mêmes résultats qu'avec la poudre d'apatite, si on avait soin de le chauffer très-fortement au rouge, ce qui le rend plus difficilement attaquable par les acides.

3e classe. — Coprolithes du grès vert.

Les coprolithes essayés étaient la moyenne d'un grand nombre d'échantillons commerciaux provenant des Ardennes et de la Meuse, et présentaient la composition habituelle de ces produits.

Ils renfermaient pour 100 parties :

Acide phosphorique.....	18,25		
Chaux.................	28		
Magnésie..............	1,12		
Silice et alumine.......	39,83		
Acide carbonique......	8	Correspondant à 15 de carbonate de chaux.	
Fer total..............	3,30	à l'état de protoxyde	0,47
		à l'état de sesquioxyde	2,83
Eau et matière organique.	1,50		
	100,00		

On voit d'après cette analyse, en calculant le carbonate de chaux, que tout l'acide phosphorique est sous la forme de phosphate de chaux et de magnésie. En traitant ce phosphate par de l'acide sulfurique étendu à 5 pour 100, on enlève sensiblement tout l'acide phosphorique sans dissoudre ni fer ni alumine.

Enfin en attaquant ce phosphate par l'acide chlorhydrique, et portant simplement à l'ébullition, on dissout l'acide phosphorique, et une partie du fer sans enlever d'alumine. L'alumine et le reste du fer ne se dissolvent entièrement dans l'acide chlorhydrique qu'après environ une heure d'ébullition. L'alumine n'est pas sous la forme d'argile, car après attaque complète on ne trouve pas de silice soluble en quantité appréciable.

Pour transformer tout le phosphate en phosphate acide de chaux, après avoir attaqué le carbonate, il faut employer 57 pour 100 d'acide sulfurique à 53° et pour faire de l'acide phosphorique, il en faut 77 pour 100.

TABLEAU II. — MONTRANT LA DIMINUTION DE LA QUANTITÉ D'ACIDE PHOSPHORIQUE SOLUBLE DANS LES SUPERPHOSPHATES PROVENANT DES NODULES DU GRÈS VERT.

	50 POUR 100. EAU, 30 POUR 100.	60 POUR 100. EAU, 20 POUR 100.	70 POUR 100. EAU, 10 POUR 100	80 POUR 100. PAS D'EAU.	APRÈS 8 JOURS.
LE 2e JOUR.					
PO^5. Soluble.....	73	84.30	89.50	86.60	96
PO^5. Insoluble....	27	15.70	0.50	13.40	4
APRÈS 2 MOIS.					
PO^5. Soluble.....	60	73.70	42.46	32.37	
PO^5. Insoluble...	40	26.30	57.54	67.63	
APRÈS 2 ANS 1/2.					
PO^5. Soluble.....	15.40	12.5	12	11.50	
PO^5. Insoluble....	84.60	88.5	88	88.50	
Rétrogradations au bout de 2 ans..	47.60	71.30	77.50	75.10	84.50

Dans l'industrie on emploie généralement 65 à 70 pour 100 d'acide à 53°, mais on va quelquefois jusqu'à 80 et 85 pour 100.

J'ai employé successivement dans ces expériences, pour 100 de phosphate, 50, 60, 70 et 80 d'acide à 53°. La poudre de nodules avait été tamisée au tamis numéro 110.

On voit d'après ce tableau que la rétrogradation est proportionnelle à la quantité d'acide sulfurique employée.

1° 80 pour 100 d'acide sulfurique à 53° pas d'eau.

Le deuxième jour de la fabrication, on avait :

PO^5 soluble	7,18
PO^5 insoluble	2,68
Total.	9,86

chaux insoluble, 3,51 0/0 au lieu de 3,16 correspondant à 2,68 de PO^5. Avec une semblable proportion d'acide, on ne peut avoir que de l'acide phosphorique libre, il reste même une quantité assez considérable d'acide sulfurique qui n'a pas été utilisé. Cependant il y a encore une certaine partie du phosphate primitif qui, au bout de deux jours, n'a pas été attaqué, et si on analyse le produit au bout de huit jours, on voit que l'attaque se complète, presque tout le phosphate devient soluble.

On trouve au bout de huit jours :

PO^5 soluble	9,45
PO^5 insoluble	0,40
Total.	9,85

Après deux mois :

PO^5 soluble	3,50
PO^5 insoluble	5,75
Total.	9,25

Chaux insoluble 1 pour 100.

Le phosphate de chaux resté insoluble lors de la fabrication, a été attaqué presque entièrement, puisqu'il ne reste presque plus de chaux insoluble, et en même temps une grande partie de l'acide phosphorique est devenue insoluble.

Après deux ans et demi :

PO^5 soluble	1,10	(La solubilité est la même dans l'eau et dans l'acide acétique)
Po^5 insoluble	8,36	
Total.	9,46	

chaux insoluble 0,66. La rétrogradation est presque complète. Et

cependant on peut encore constater dans le produit de l'acide sulfurique en excès, par le traitement à l'alcool.

Recherche qualitative du phosphate rétrogradé.

Les analyses sont faites comme il a été indiqué plus haut, sur le produit épuisé complétement par l'eau, puis séché à 100°.

Acide phosphorique total	19,82 p. 100
Acide phosphorique soluble dans le citrate d'ammoniaque ammoniacal.	19,20
Acide phosphorique insoluble	0,62
Chaux totale	0,66
Oxyde de fer total	14,80
Oxyde de fer soluble dans le citrate	11,80

Il n'y a pas d'alumine soluble dans le citrate d'ammoniaque ammoniacal, et il n'y a pas non plus de chaux.

Le phosphate rétrogradé, qui est soluble dans le citrate d'ammoniaque et insoluble dans l'acide acétique, est donc formé entièrement de phosphate de fer. Ce phosphate est compris, d'après les proportions de fer et d'acide phosphorique qu'il renferme entre les deux formules :

$$2PO^5,Fe^2o^3$$
$$\text{et } 3PO^5,2Fe^2o^3.$$

L'alumine est restée complétement inattaquée. En traitant le superphosphate de deux ans par l'acide chlorhydrique bouillant, le résidu est du sable blanc tout à fait pur, tandis que le phosphate primitif traité de même laissait un résidu de sable vert, ferrugineux. Il est probable que ce sable vert renferme du silicate de protoxyde de fer, qui est attaqué lentement à froid par l'acide phosphorique.

2° 70 pour 100 d'acide sulfurique à 53°. Eau 10 pour 100. Le deuxième jour de la fabrication on a trouvé :

PO^5 soluble	8,50
PO^5 insoluble	1
Total.	9,50

chaux insoluble 1,2 pour 100.

L'attaque dans ces conditions est presque complète, et il ne s'est fait que des traces de phosphate acide de chaux.

Au bout de deux mois, on a trouvé :

PO^5	soluble	5,04
PO^5	insoluble	6,83
	Total.	11,87

chaux insoluble 0,82.

La chaux insoluble a donc diminué malgré la rétrogradation.

Après deux ans et demi :

PO^5	soluble	1,42
PO^5	insoluble	10,48
	Total.	11,90

chaux insoluble 0,8.

Le résidu après traitement par un litre d'eau est complétement insoluble dans l'acide acétique; il n'y a donc pas eu formation de phosphate bicalcique, on se trouve dans les mêmes conditions que dans l'exemple précédent si ce n'est qu'il est resté un peu plus de phosphate complétement inattaqué. Le premier jour il ne s'était presque formé que de l'acide phosphorique libre, en effet on a dosé dans un litre d'eau de lavage :

Acide sulfurique.. 24,71, correspondant à 17,30 de chaux.
Chaux........... 17,80.

il ne reste donc que 0,5 de chaux combinée à l'acide phosphorique pour former du phosphate acide, soit 1,25 d'acide phosphorique sous cette forme :

3° 60 pour 100 d'acide sulfurique à 53°, 20 pour 100 d'eau.

Le deuxième jour on a :

PO^5	soluble	8,60
PO^5	insoluble	1,60
	Total.	10,20

chaux insoluble 1,70.

On trouve dans un litre d'eau de lavage :

SO^3..... 17,30 correspondant à 12,11 de chaux.
Chaux.. 13,50.

l reste donc 1,39 de chaux, qui se combine à 3,55 d'acide phosphorique pour former du phosphate acide.

Après deux mois on a trouvé dans le produit sec :

PO^5	soluble	9,35
PO^5	insoluble	3,30
	Total.	12,65

chaux insoluble 1,80 pour 100.

On trouve dans un litre d'eau de lavage :

SO^3.....	22,30	correspondant à 15,65 de chaux.
Chaux...	16,88.	

il reste 1,27 de chaux combinée à 3,22 d'acide phosphorique; le phosphate acide de chaux n'a donc pas sensiblement varié.

Après deux ans et demi, on a obtenu :

PO^5 soluble	1,00
PO^5 insoluble	11,50
Total.	12,50

chaux insoluble 1,30 p. 100.

Analyse du phosphate insoluble après deux ans :

PO^5 soluble dans le citrate..	23,65	
PO^5 total..................	25,27	
PO^5 insoluble..............	1,62	correspondant à 1,90 de chaux.
Chaux totale..	2,80	
Soluble dans l'acide acétique.	1,42.	

Il s'est donc formé certainement, dans ce cas, une petite quantité de phosphate bicalcique.

En effet, l'acide phosphorique libre s'est combiné au fer; le phosphate acide de chaux n'étant plus maintenu en solution, s'est dédoublé et il s'est formé du phosphate bicalcique, l'acide phosphorique mis en liberté s'est combiné à l'oxyde de fer. Ce qui est encore soluble après deux ans est formé presque uniquement de phosphate acide de chaux, et comme il ne s'en était pas fait de grandes quantités, il a dû se produire peu de phosphate bicalcique, ce que l'on constate en effet.

4°,50 p. 100 d'acide sulfurique 53°,30 p. 100 d'eau.

Le premier jour de la fabrication, on avait laissé une grande proportion de phosphate tricalcique inattaqué, et comme on avait dû ajouter beaucoup d'eau pour empâter complétement le phosphate, il s'était formé une grande quantité de phosphate acide.

2 jours après l'attaque :

PO^5 soluble	7,18
PO^5 insoluble	2,65
Total.	9,83

chaux insoluble 3,51.



Après séchage de deux mois, on a :

PO^5	soluble	4,50
PO^5	insoluble	6,75
	Total.	11,25

chaux insoluble 4,60.

La chaux insoluble a donc augmenté au lieu de diminuer par le séchage, comme dans les exemples précédents.

Après deux ans et demi :

PO^5	soluble	2,00	dont 1,16 en phosphate monocalcique.
PO^5	insoluble	10,96	
	Total.	12,96.	

Dans un litre d'eau de lavage on a trouvé :

SO^3 18,40 correspondant à 12,88 de chaux.
CaO 13,34

il reste 0,46 de chaux en phosphate acide de chaux.

Analyse du phosphate insoluble après deux ans :

PO^5 total	20,41
PO^5 soluble dans le citrate	15,87
Insoluble	4,54
Chaux totale	12,15
Chaux soluble dans le citrate	5,60
Acide phosphorique soluble dans l'acide acétique	8,20

Il s'est donc formé dans ce cas particulier une quantité considérable de phosphate bicalcique par suite du dédoublement du phosphate acide de chaux après formation de phosphate de fer.

Mais on ne se trouve plus placé ici dans le cas des superphosphates du commerce dans lesquels la quantité d'acide sulfurique est toujours beaucoup plus considérable.

Avec les produits industriels, on trouve toujours les résultats des exemples où nous avons employé 70 et 80 d'acide pour 100 de phosphates.

Résumé. — Rétrogradation des superphosphates fabriqués à l'aide des coprolithes du grès vert.

Quand la quantité d'acide est supérieure à celle qui est nécessaire pour former du phosphate acide de chaux, avec tout le phosphate primitif, le phosphate rétrogradé est composé de phosphate de fer compris entre les formules $2Po^5,Fe^2O^3$ et $3Po^5.2Fe^2o^3$.

La rétrogradation est proportionnelle à la quantité d'acide sulfurique employée.

Quand l'acide est en défaut, le phosphate rétrogradé est un mélange de phosphate de fer et de phosphate bicalcique, le phosphate acide de chaux étant décomposé pendant le séchage et se dédoublant en phosphate bicalcique, et acide phosphorique qui se porte sur l'oxyde de fer. L'alumine n'est jamais attaquée par l'acide phosphorique dans ces produits.

4e classe. — Phosphorites du Lot, du Nassau, de Navassa Guanos, etc.

On a traité une phosphorite du Lot, moyenne des produits employés par l'usine de Saint-Gobain.

Cette phosphorite renfermait :

Acide phosphorique..	31 »
Chaux..............	36 »
Magnésie...........	2,45
Fer.................	3,30
Alumine............	11,20
Silice...............	9
Acide carbonique..... } Fluor............... }	4,20
Eau................	1,95
Total.	99,10

Ce phosphate porte dans le commerce le nom de phosphorite à 70 degrés.

L'alumine et l'oxyde de fer de ce phosphate sont très-facilement attaquables par les acides, il reste du sable blanc.

D'après les dosages de chaux, d'acide phosphorique, d'acide carbonique et de magnésie, tout l'acide phosphorique semble être sous la forme de phosphate tricalcique, et de phosphate de magnésie. L'oxyde de fer et l'alumine ne sont combinés à aucun acide; pour qu'il existât des phosphates de fer et d'alumine en proportion notable, il faudrait que le produit renfermât du phosphate bicalcique, ce qui est peu probable.

Pour transformer tout ce phosphate en phosphate acide de chaux, il faut 72 p. 100 d'acide sulfurique à 53°, et pour obtenir de l'acide phosphorique, 95 p. 100.

On a employé successivement 60, 70, 80, 90 et 100 parties d'acide à 53°, p. 100, de poudre tamisée au tamis de soie n° 110.

TABLEAU III. — MONTRANT LA DIMINUTION D'ACIDE PHOSPHORIQUE SOLUBLE DANS LES SUPERPHOSPHATES PROVENANT DES PHOSPHORITES DU LOT A 70°.

	60 POUR 100. EAU, 40 P. 100.	70 POUR 100. EAU, 30 P. 100.	80 POUR 100 EAU, 20 P. 100.	90 POUR 100. EAU, 10 P. 100.	100. EAU, 0 P. 100
2e JOUR DE LA FABRICATION.					
PO^5. Soluble......	62.03	76.14	83.40	97.30	97.3
PO^5 Insoluble.....	37.97	23.86	16.60	2.7	2.7
APRÈS 2 MOIS.					
PO^5. Soluble......	62.12	74.7	73.88	90	92.65
PO^5. Insoluble....	.88	25.30	26.12	10	7.35
APRÈS 2 ANS.					
PO^5. Soluble......	43.62	51	55.9	64.7	61.14
PO^5. Insoluble.....	56.38	49	44.1	35.3	38.86
Rétrogradation....	18.41	2	27.50	33.1	36.16

Avec la phosphorite du Lot, la rétrogradation est donc encore proportionnelle à la quantité d'acide sulfurique employé.

1° 100 parties d'acide à 53° p. 100 de phosphate.

La rétrogradation dans ce ca est maximum, mais bien qu'il y ait une quantité d'acide sulfurique plus considérable que celle qui était nécessaire pour transformer tout le phosphate en acide phosphorique, on ne trouve pas d'acide sulfurique libre par le traitement à l'alcool, ce qui provient de l'attaque de l'alumine et de la formation de sulfate d'alumine.

Le deuxième jour :

PO^5	soluble	14,90
PO^5	soluble	0,42
	Total.	15,32

Chaux insoluble 0,5; alumine soluble 1,5 p. 100.

Il ne peut y avoir que de l'acide phosphorique dans ce superphosphate. La partie soluble renferme de l'alumine, et l'eau précipite du phosphate d'alumine : $3\,PO^5,2Al^2O^3$. Après avoir traité le superphosphate par un litre d'eau, on est obligé de redissoudre dans l'acide nitrique le phosphate d'alumine précipité dans la liqueur filtrée.

Après séchage à l'air, deux mois :

PO^5 soluble	15,12
PO^5 insoluble	1,20
Total.	16,32

Le produit séché à ce moment à l'étuve à 100° a donné :

PO^5 soluble	13,22
PO^5 insoluble	3,09
Total.	16,31

Après deux ans :

PO^5 soluble	10,30
PO^5 insoluble	6,38
Total.	16,68

Chaux insoluble, traces. Il n'y a presque plus d'alumine en solution.

Le phosphate rétrogradé est formé uniquement de phosphate de fer et d'alumine.

Le résidu insoluble renferme :

PO^5 total 19,82

entièrement soluble dans le citrate d'ammoniaque ammoniacal, ne renfermant pas de chaux et insoluble dans l'acide acétique.

Il contient :

Oxyde de fer	8,20
Alumine....	10,40

partiellement solubles dans le citrate d'ammoniaque.

2° 90 p. 100 d'acide sulfurique à 53°. Eau 10 p. 100.

Le deuxième jour :

PO^5 soluble	14,28
PO^5 insoluble	0,40
Total.	14,68

Chaux insoluble 0,5.

On a obtenu autant de phosphate soluble que dans l'exemple précédent; il s'est donc formé du phosphate acide de chaux.

Il y a encore de l'alumine en solution.

Alumine soluble p. 100 : 1,20.

Après séchage, à l'air deux mois :

PO^5 soluble	14,28
PO^5 insoluble	1,60
Total.	15,88

Chaux insoluble 0,40.

Après deux ans :

PO^5 soluble	10,69
PO^5 insoluble	5,83
Total.	16,52

Chaux insoluble, traces.

Il ne reste plus que des traces d'alumine en solution. Le résidu insoluble ne cède rien à l'acide acétique.

Le phosphate rétrogradé est formé de phosphates de fer et d'alumine.

3° 80 p. 100 d'acide à 53°. Eau, 20 p. 100.

Le deuxième jour :

PO^5 soluble	12,52
PO^5 insoluble	2,51
Total.	15,03

Chaux insoluble 2,96.

Séchage deux mois.

PO^5 soluble	12,16
PO^5 insoluble	4,30
Total.	16,46

Chaux insoluble 2,30.

La chaux a diminué par suite d'une attaque plus complète.

Après deux ans :

PO^5 soluble	10,23
PO^5 insoluble	8,06
Total.	18,30

L'acide acétique ne dissout pas le phosphate insoluble.

4° 70 p. 100 d'acide sulfurique à 53°. Eau 30.

Le deuxième jour :

PO^5	soluble	11,04
PO^5	insoluble	3,16
	Total.	14,50

Chaux insoluble 4,2 p. 100.

Après deux mois de séchage :

PO^5	soluble	12,84
PO^5	insoluble	4,34
	Total.	17,18

Chaux insoluble 5 p. 100.

PO^5	soluble	9,69
PO^5	insoluble	9,31
	Total.	19,00

Après deux ans :

L'acide acétique ne dissout que des traces du phosphate rétrogradé. Il ne s'est donc formé, même dans ce cas, qu'une quantité insignifiante de phosphate bicalcique.

5° 60 p. 100 d'acide sulfurique à 53°; 40 p. 100 d'eau.

La quantité d'acide est tout à fait insuffisante pour une attaque complète.

Le deuxième jour :

PO^5	soluble	9,76
PO^5	insoluble	5,97
	Total.	15,73

Chaux 7,40.

Il reste du carbonate de chaux non attaqué.

Alumine en solution : 0,46 p. 100.

Il y a de l'alumine dissoute, bien qu'avec une quantité d'acide très-faible.

Séchage deux mois.

PO^5	soluble	12,20
PO^5	insoluble	7,44
	Total.	19,64

Chaux insoluble 8,68.

Il n'y a pas eu de rétrogradation; le produit s'est simplement desséché.

Après deux ans :

PO^5	soluble	8,62
PO^5	insoluble	11,14
	Total.	19,76

Chaux insoluble 9,10 p. 100. PO^5, soluble dans l'acide acétique, 8,82.

Analyse du phosphate insoluble après deux ans.

PO^5 total................	29,50 p. 100	
PO^5 soluble dans le citrate d'ammoniaque.........	7,13	
PO^5 insoluble............	22,37	correspondant à 26,40 de chaux.

Chaux totale 27,20; soit 0,8 en phosphate bicalcique.

PO^5 soluble dans l'acide acétique 1 p. 100.

Il s'est donc formé dans ce cas particulier du phosphate bicalcique, mais en quantité très-peu considérable.

Résumé. — Rétrogradation des superphosphates de phosphorite du Lot, 70 degrés.

La rétrogradation est proportionnelle à la quantité d'acide sulfurique employée.

Le phosphate d'alumine, qui existe toujours en solution, devient insoluble pendant le séchage, sans jamais disparaître complétement.

L'acide phosphorique libre se combine au fer et à l'alumine pour former des phosphates insolubles. Mais même avec des quantités d'acide insuffisantes, le phosphate acide de chaux ne se dédouble pas comme dans le cas des coprolithes, il ne se forme que des quantités très-faibles de phosphate bicalcique, et la rétrogradation est loin d'être aussi complète qu'avec les coprolithes. Il est probable que la petite quantité d'alumine qui reste en solution dans l'acide phosphorique maintient soluble le phosphate acide de chaux même en présence d'un excès d'oxyde de fer. Il se forme dans l'attaque beaucoup plus de phosphate acide de chaux qu'avec les coprolithes.

Superphosphates pâteux.

Avec les phosphates du Lot de bas titre, il arrive très-souvent dans la fabrication des superphosphates que l'on obtient des produits pâteux et qui ne sèchent pas, bien que l'on n'ait employé

qu'une petite quantité d'acide sulfurique correspondant à la transformation du phosphate de chaux en phosphate acide.

Cet effet est dû à la présence dans le phosphate naturel d'une grande quantité d'alumine facilement attaquable par les acides, et à la formation de phosphates d'alumine soluble.

Exemple. Un superphosphate fabriqué industriellement avec une phosphorite du Lot, et une quantité d'acide sulfurique convenable pour attaquer la chaux du carbonate et transformer le phosphate en phosphate acide.

Le jour de la fabrication on a trouvé que le phosphate était presque entièrement transformé en phosphate soluble. Au bout de six mois, le produit est resté pâteux, mais il a subi une rétrogradation considérable.

On y trouve :

Acide phosphorique total	13,97
Soluble dans l'eau (1 litre)	6,80
Soluble dans le citrate	13,22

TABLEAU IV. — ANALYSE D'UN SUPERPHOSPHATE PATEUX APRÈS SIX MOIS DE FABRICATION.

MATIÈRES DOSÉES.	TOTAL.	SOLUBLE dans l'eau, 1 litre.	INSOLUBLE dans l'eau.	INSOLUBLE dans le citrate.	INSOLUBLE dans l'eau et SOLUBLE dans le citrate
Acide phosphorique	13.95	6.80	7.15	0.72	6.43
Acide sulfurique	27.80	13.20	15.60	0	15.60
Chaux	17.62	6.92	10.70	0.84	9.86
Alumine	4.8	2.80	2.00	—	—
Oxyde de fer	3.50	traces.	3.50	non dosé.	non dosé.

En calculant dans ce qui est soluble dans un litre, le plâtre et le phosphate acide de chaux, on voit qu'il reste juste assez d'acide phosphorique pour former avec l'alumine le phosphate soluble $3PO^5, Al^2O^3$. La partie soluble ne renferme donc pas d'acides libres. Les liqueurs filtrées, additionnées d'eau laissent précipiter un abondant dépôt de phosphate d'alumine $3PO^5,2Al^2O^3$. Si au lieu de dissoudre le superphosphate dans l'eau, on fait la dissolution par l'acide acé-

tique ordinaire, on précipite immédiatement ce phosphate d'alumine et on ne trouve que :

PO^5 soluble p. 100 2,20

c'est le résultat auquel on arrive encore en faisant sécher le produit à 100°. Le phosphate d'alumine étant précipité par l'action de la chaleur, comme nous le verrons plus loin.

Recherche qualitative du phosphate rétrogradé. On épuise 5gr, avec un litre d'eau, par petites fractions, et on fait sécher le résidu à 100°.

Il renferme :

Acide phosphorique total	13,773	
PO^5 soluble dans le citrate	13,39	
PO^5 insoluble	0,383	
Acide sulfurique	26,26	
Chaux	20,78	
L'acide sulfurique 26,26 p. 100 correspond à...	18,38	de chaux.
L'acide phosphorique 1,383, à	1,636	
	20,016	

Il reste donc 0,77 de chaux combinée à l'acide phosphorique pour former du phosphate bicalcique. Comme vérification, 0gr,500 du résidu insoluble sont traités par 50cc d'acide acétique, on trouve acide phosphorique enlevé p. 100 0,91 correspondant à 0,71 de chaux pour former du phosphate bicalcique.

Dans ce cas encore, la rétrogradation est donc due presque entièrement à la formation du phosphate de fer et d'alumine, et s'il s'est ormé un peu de phosphate bicalcique, il faut remarquer qu'il n'y a pas d'acides libres dans le superphosphate. Le phosphate primitif renfermait probablement de la terre argileuse.

Influence de l'oxyde de fer et de l'alumine sur la rétrogradation. (Synthèse.)

On a pris du phosphate tricalcique pur, et on l'a traité exactement par l'acide sulfurique, pour obtenir de l'acide phosphorique empâté dans du plâtre. 10gr renfermaient 1gr,80 d'acide phosphorique, on y ajouté 0gr,500 de sesquioxyde de fer.

Au bout de quinze jours :

PO^5 soluble	12,45	soit	67,85	p. 100 de PO^5.
PO^5 insoluble	5,90		32,15	

Après trois mois :

PO^5 soluble 29, p. 100 d'acide phosphorique.
PO^5 insoluble 71.

La rétrogradation s'arrête quand tout l'oxyde de fer est transformé en $2PO^5,Fe^2O^3$, avec un gramme d'oxyde de fer la rétrogradation est complète.

Avec le phosphate acide de chaux, au lieu d'acide phosphorique, il se forme encore du phosphate de fer et du phosphate bicalcique. On a pris du phosphate acide de chaux empâté dans du plâtre.

10gr renfermaient 3gr,78 d'acide phosphorique, on y a ajouté 0gr,500 d'oxyde de fer.

Après séchage, à l'air libre on a trouvé :

PO^5 soluble 21,15
PO^5 insoluble 16,69
Fer 3,60 p. 100

Dans le résidu insoluble on trouve Po^5 soluble dans l'acide acétique 8,3 p. 100.

Il s'est donc formé du phosphate bicalcique, pour chaque équivalent d'acide phosphorique combiné au fer il s'est formé un équivalent de phosphate bicalcique.

Le phosphate de fer est compris entre les deux formules :

$2PO^5,Fe^2O^3$ et $3PO^5,2Fe^2O^3$.

Alumine.

10gr de superphosphate ne renfermant que de l'acide phosphorique ont été additionnés de 0gr,500 alumine hydratée. Il n'y a pas eu de rétrogradation.

Avec un gramme d'alumine on a obtenu :

PO^5 soluble	19,46		95,12 p. 100 de PO^5
PO^5 insoluble	1	soit	4,88

le séchage à l'étuve augmente la rétrogradation.

Les rétrogradations sont donc beaucoup plus faibles avec l'alumine qu'avec l'oxyde de fer, à quantité égale de sesquioxyde, ce qui tient à la plus grande solubilité de l'alumine dans l'acide phosphorique.

CONCLUSION

La rétrogradation des superphosphates industriels, d'après leur préparation ordinaire, est due à la présence dans les phosphates primitifs, de sesquioxydes et surtout de sesquioxyde de fer. Quand le fer est à l'état de protoxyde, comme dans les coprolithes du grès vert ou comme il s'en produit pendant l'attaque par la réduction des peroxydes par l'acide sulfurique du commerce qui renferme souvent de l'acide sulfureux, la peroxydation qui suit l'exposition à l'air a lieu rapidement et le résultat final est le même.

La formation de phosphate bicalcique est nulle ou très-faible et n'est qu'une conséquence de la rétrogradation due à l'oxyde de fer, sauf dans des cas particuliers indiqués plus haut et que l'on ne rencontre que rarement dans la fabrication générale.

IIe PARTIE.

Les études précédentes nous ont conduit à étudier les phosphates de fer et d'alumine plus complétement qu'on ne l'avait fait jusqu'à présent, nous donnerons d'abord les formules de ces composés que nous examinerons avec plus de détails dans les pages suivantes.

Phosphates de fer et d'alumine.

$2PO^5,Fe^2O^3,8HO$	$2PO^5,Al^2O^3,8HO$
$3PO^5,2Fe^2O^3,8HO$	$3PO^5,2Al^2O^3 16HO$
$PO^5,Fe^2O^3 4HO$	$PO^5,Al^2O^3,2HO$
$2PO^5,3Fe^2O^3 8HO$	$2PO^5,3Al^2O^3,8HO$
$PO^5,2Fe^2O^3 4HO$	$PO^5,2Al^2O^3,8HO$

Phosphate de fer.

1° $2PO^5,Fe^2O^3,8HO$.

Ce phosphate s'obtient par la réaction de l'acide phosphorique hydraté sur l'hydrate d'oxyde de fer ou l'oxyde de fer anhydre. Cette réaction s'accomplit à froid, avec le temps, mais on la facilite par l'action de la chaleur, par exemple dans une étuve chauffée à 100°.

Si la quantité d'acide phosphorique n'est pas suffisante, la masse durcit au séchage, on la broie et on ajoute de nouveau de l'acide phosphorique jusqu'à ce qu'elle reste pâteuse. On reprend ce mélange par l'eau froide en petite quantité et on filtre, les eaux de lavage filtrées laissent précipiter, par addition d'eau, le phosphate $3PO^5,2Fe^2O^3$; cette précipitation est favorisée par une légère élévation de température.

Il se précipite un peu de ce phosphate sur le résidu insoluble; pour le purifier on le traite de nouveau par l'acide phosphorique. On obtient après lavage et séchage, une poudre cristalline d'un blanc jaunâtre présentant exactement la composition $2PO^5,Fe^2O^3,8HO$ à 100°. Ce produit perd ses équivalents d'eau à l'étuve de 100 à 200°. Si on le calcine il fond et donne un émail à une température élevée, et même avant d'entrer en fusion il devient partiellement insoluble dans les acides concentrés et l'eau régale. Il est jaune à chaud et grisâtre à froid.

On peut obtenir le phosphate anhydre $2PO^5,Fe^2O^3$ en calcinant du perchlorure de fer et un excès d'acide phosphorique, et lessivant la masse. Si on a opéré à une température très-élevée, une partie du produit est insoluble dans les acides, et ne peut être analysée que par une fusion à la potasse. La partie soluble et la partie insoluble dans les acides présentent exactement la même composition chimique.

Avec l'oxyde de fer calciné et partiellement insoluble dans les acides concentrés, on obtient à froid le phosphate que je viens de décrire; mais bien que son analyse corresponde exactement à la formule indiquée, ce produit est coloré en rouge-orange de la teinte du minium.

Ce phosphate hydraté est insoluble dans l'acide acétique, soluble dans le citrate d'ammoniaque ammoniacal, l'oxalate d'ammoniaque, les alcalis et les carbonates alcalins.

2° $3PO^5,2Fe^2O^3,8HO$.

Nous venons de voir que l'on peut obtenir ce composé en prenant une solution d'oxyde de fer dans l'acide phosphorique et l'étendant d'eau, ou la portant à l'ébullition, le précipité est blanc. On peut l'obtenir plus facilement en chauffant une solution limpide de sulfate de sesquioxyde de fer et de phosphate acide d'ammoniaque.

On obtient :

$$3(PO^5,AzH^4O,2HO) + 2(3SO^3Fe^2O^3) = 3PO^5,2Fe^2O^3,HO + 3(2SO^3,AzH^4O,HO).$$

On filtre et on lave bouillant, le précipité se redissolvant à froid. Ce phosphate est cristallisé en cubes. M. Rammelsberg l'a obtenu en abandonnant pendant un an une solution d'un phosphate de fer dans l'acide phosphorique.

Calciné, on obtient le phosphate $3PO^5,2Fe^2O^3$ d'un gris bleuâtre, facilement soluble dans les acides.

Ce phosphate $3PO^5,2Fe^2O^3,8HO$ présente les mêmes propriétés que le phosphate précédent.

3° $PO^5,Fe^2O^3,4HO$.

Ce phosphate est connu depuis longtemps. On précipite un sel de sesquioxyde de fer par le phosphate de soude, ou la solution d'un des sels précédents par l'acétate de soude. Ce produit est blanc, gélatineux et difficile à laver. Séché à l'étuve, il devient jaunâtre. Calciné, on obtient le phosphate anhydre PO^5,Fe^2O^3 qui est bleuâtre, et facilement soluble dans les acides.

Le phosphate $PO^5,Fe^2O^3,4HO$ est très-soluble dans le citrate d'ammoniaque et peu soluble dans l'oxalate.

4° $2PO^5,3Fe^2O^3,8HO$.

Ce phosphate existe à l'état naturel. On précipite la solution acide d'un des sels précédents par l'ammoniaque, on obtient un précipité brun-rouge. Il faut avoir soin de ne pas employer un grand excès d'ammoniaque, sans quoi on obtient une solution ammoniacale complète. Cette solution est dialysable. On ne peut obtenir la quantité d'eau que renferme ce phosphate par calcination, parce qu'il décrépite sous l'influence de la chaleur, il faut la déduire par différence de l'analyse du produit séché à 100°.

Le phosphate calciné $2PO^5,3Fe^2O^3$ est d'un gris cendré et pulvérulent. Ce composé hydraté est entièrement insoluble dans le citrate d'ammoniaque et très soluble dans l'oxalate.

5° $PO^5,2Fe^2O^3,4HO$.

On prend le produit précédent, on le dissout dans un acide et on le reprécipite par l'ammoniaque, en n'en employant pas un excès.

Le composé $PO^5,2Fe^2O^3,4HO$ dissout de nouveau, et précipité se présente toujours avec la même composition.

Le phosphate anhydre $PO^5,2Fe^2O^3$ est tout à fait différent du précédent, il ne se produit pas de décrépitation à la calcination, et le calciné est d'un noir métallique à reflets très-brillants.

Le phosphate $PO^5,2Fe^2O^3,4HO$ est un peu soluble dans le citrate d'ammoniaque, et peu soluble dans l'oxalate.

Phosphates d'alumine.

1° $2PO^5,Al^2O^3$.

On ne peut pas obtenir ce sel comme celui de fer correspondant, à cause de la trop grande solubilité de l'alumine même calcinée, dans l'acide phosphorique. On peut le préparer en prenant le phosphate $3PO^5,2Al^2O^3$ et le traitant à froid par deux équivalents d'acide phosphorique hydraté, on dessèche, on lave, et on recommence le traitement à l'acide phosphorique.

On peut l'obtenir anhydre en calcinant un sel d'alumine avec un excès d'acide phosphorique, puis reprenant par l'eau pour dissoudre l'acide métaphosphorique. Qu'il soit obtenu ainsi ou par calcination même modérée, du sel hydraté, ce produit est partiellement insoluble dans les acides et l'eau régale; cependant, en l'abandonnant longtemps dans les acides concentrés, la solubilité semble augmenter.

Le produit soluble et l'insoluble ont la même composition $2PO^5,Al^2O^3$. Il ne fond pas au chalumeau.

2° $3PO^5,2Al^2O^3,16HO$.

A 110°, ce produit ne contient plus que 10 équivalents d'eau. On ne peut pas l'obtenir pur, en précipitant par l'eau ou par la chaleur une solution d'alumine dans l'acide phosphorique, le précipité que l'on obtient ainsi renferme un grand excès d'alumine. On peut le préparer en portant à l'ébullition un mélange limpide de deux équivalents de sulfate d'alumine et de trois équivalents de phosphate acide d'ammoniaque.

$$2(3SO^3,Al^2O^3) + 3(PO^5,AzH^4O2,HO) = 3PO^5,2Al^2O^3,Ho + 3(2SO^3,AzH^4O,HO.)$$

On filtre et on lave bouillant, car ce sel se redissout à froid. Il est indispensable d'ajouter de l'acide sulfurique libre, sans quoi le phosphate est souillé d'un excès d'alumine.

J'ai trouvé ce phosphate pur dans des échantillons de phosphate du golfe du Mexique, connu sous le nom de redonda-guano. Ce phosphate naturel renferme 40 p. 100 d'acide phosphorique sur lesqnels 10 p. 100 sont solubles dans les doses de citrate d'ammoniaque indiquées plus oin.



Ce sel se produit quand on lessive par l'eau les superphosphates du commerce faits avec des phosphates du Lot ou du guano de Navassa, produits riches en alumine facilement attaquable. Il présente une particularité qu'offre aussi le sel de fer correspondant : le précipité produit dans une liqueur par addition d'eau ne se dissout pas immédiatement par une addition d'acide, quelle que soit la quantité employée, et il se dissout lentement, en quelques minutes, sous l'influence d'une très-faible quantité d'acide. Le phosphate $3PO^5,2Al^2O^3$ est partiellement insoluble dans les acides concentrés.

3° $PO^5,Al^2O^3,2HO$.

On précipite le sulfate d'alumine à froid par le phosphate de soude, ou la solution d'un phosphate d'alumine par l'ammoniaque, puis on reprend par l'acide acétique. J'ai indiqué plus haut cette méthode comme procédé de dosage. Ce sel est gélatineux et difficile à laver; desséché, c'est de tous les phosphates de fer et d'alumine le plus soluble dans le citrate d'ammoniaque, il est aussi très-soluble dans l'oxalate. Calciné, il donne Po^5,Al^2O^3 anhydre, soluble entièrement dans les acides.

4° $2PO^5,3Al^2O^3$.

On précipite une solution acide d'un des sels précédents par l'ammoniaque, en n'en mettant pas un excès qui redissout le phosphate précipité. Ce sel est moins soluble que le précédent dans les réactifs.

Le phosphate $2PO^5,3Al^2O^3$ est soluble dans les acides.

5° $PO^5,2Al^2O^3,8HO$.

Je n'ai pas obtenu ce composé parfaitement pur, en précipitant par l'ammoniaque la solution du sel précédent, le produit renfermait un excès d'acide phosphorique, et en renouvelant la dissolution et la précipitation, il renfermait cette fois un excès d'alumine. Les propriétés sont à peu près celles du phosphate précédent.

Tous les phosphates de fer et d'alumine séchés à 100°, sont hygroscopiques et reprennent de l'humidité à l'air.

Solubilité des phosphates de fer et d'alumine.

Ces produits sont tous insolubles dans l'acide acétique, solubles dans le citrate d'ammoniaque ammoniacal, l'oxalate d'ammoniaque, les bases alcalines et les carbonates alcalins.

TABLEAU V. — MONTRANT LA SOLUBILITÉ DES PHOSPHATES DE FER ET D'ALUMINE DANS DIFFÉRENTS RÉACTIFS

RÉACTIFS EMPLOYÉS	$2PO^5,Al^2O^3,8HO$.	$3PO^5,2Al^2O^3,16HO$.	$PO^5,Al^2O^3,2HO$.	$2PO^5,3Al^2O^3,8HO$.	$PO^5,2Al^2O^3,8HO$.	$2PO^5,Fe^2O^3,8HO$.	$3PO^5,2Fe^2O^3,8HO$.	$PO^5,Fe^2O^3,4HO$.	$2PO^5,3Fe^3O^3,8HO$,	$PO^5,2Fe^2O^3,4HO$.
	gr.	gr.	g.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
10 centimètres cubes de citrate d'ammoniaque ammoniacal, formule de M. Joulie, dissolvent PO^5.	41 2,5	3,315	5,523	1,3284	0,083	1,290	0,5125	2,592	0	0,08
1 gramme oxalate d'ammoniaque, 100 centim. cubes d'eau, ébullition une heure, PO^5, dissout	0,0226	0,2525	0,230	0,0907	0,05625	0,105	0,143	0,0226	0,0447	0,0649
Acide acétique..................	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ammoniaque, 100 centim. cubes... PO^5 dissout.....................	0,0065	0,0875	0,0363	0,022	0,023	0,0065	0,0195	0,026	0,013	0,0389

Les phosphates d'alumine sont beaucoup plus solubles que les phosphates de fer correspondants.

On a traité ces phosphates par 100cc de citrate d'ammoniaque ammoniacal, formule de M. Joulie (1); cette quantité de citrate d'ammoniaque mise en contact avec un excès de phosphate bicalcique, dissout 1gr,105 d'acide phosphorique; puis on a employé 1 gramme d'oxalate d'ammoniaque 100cc d'eau qu'on fait agir pendant une heure à l'ébullition, le phosphate bicalcique cède dans ces conditions 0gr,110 d'acide phosphorique.

Avant de terminer ce long travail, il nous reste maintenant à examiner quelle influence utile peuvent exercer les phosphates rétrogradés introduits dans le sol, et pour préciser davantage puisque la rétrogradation des superphosphates du commerce consiste presque exclusivement dans la formation des phosphates de fer et d'alumine compris entre les formules $2PO^5,M^2O^3$ et $3PO^5,2M^2O^3$, il nous reste à rechercher quelle est la valeur agricole de ces produits rétrogradés? Question à laquelle l'emploi de plus en plus fréquent des superphosphates donne aujourd'hui une importance capitale, et qui malheureusement ne me semble pas pouvoir être résolue d'une façon complète.

On admet généralement que les phosphates sont d'autant plus facilement assimilables par les plantes, qu'ils sont plus solubles dans les différents réactifs, et surtout dans les solutions d'acide carbonique, mais en outre, on a cherché depuis quelque temps, à estimer la valeur agricole d'un phosphate déterminé d'après sa solubilité dans certains sels. On a proposé à cet effet le citrate d'ammoniaque et l'oxalate d'ammoniaque. Malheureusement les solubilités des phosphates dans ces deux réactifs sont loin d'être concordantes.

Ainsi le phosphate de fer PO^5,Fe^2O^3 est très-soluble dans le citrate d'ammoniaque et presque insoluble dans l'oxalate, le phosphate $2PO^5,3Fe^2O^3$ totalement insoluble dans le citrate est deux fois plus soluble que le précédent dans l'oxalate. Le phosphate d'alumine PO^5,Al^2O^3 qui est le plus soluble dans le citrate, se dissout moins facilement dans l'oxalate, que le précédent $3PO^5,2Al^2O^3$, etc.

Il n'y a donc aucun rapport à établir entre la solubilité dans ces deux agents; et on ne voit pas pour quelle raison on préférerait

(1) Acide citrique 400gr .... } 1 litre.
Ammoniaque .... }

l'un à l'autre, pour servir de terme de comparaison entre les différents produits.

Si l'on adoptait le citrate ou l'oxalate d'ammoniaque, on donnerait aux phosphates rétrogradés de fer ou d'alumine, une valeur beaucoup plus considérable qu'au phosphate bicalcique, puisque leur solubilité est plus grande. Mais d'un autre côté ces matières sont totalement insolubles dans l'acide acétique, et je n'ai jamais pu constater leur dissolution dans l'acide carbonique. Les phosphates de chaux bi et tricalcique sont au contraire très-solubles dans ces réactifs. Il est donc très-difficile de se prononcer sur la valeur agricole de ces produits et je crois que l'on n'aura des renseignements certains que par des essais faits en grande culture et sur différents sols, avec des phosphates de sesquioxydes, comparés avec du phosphate bicalcique.

Il serait très-facile d'obtenir ces phosphates de sesquioxyde en additionnant un superphosphate frais d'oxyde de fer ou d'alumine.

Dans l'état actuel de la question, il me semble préférable avec les phosphates à grande rétrogradation, comme ceux qu'on obtient des coprolithes des Ardennes par exemple, de transformer après le traitement à l'acide sulfurique, l'acide phosphorique formé en phosphate bicalcique dont on connaît parfaitement la valeur agricole, plus tôt que de le laisser se combiner à l'oxyde de fer. Il suffit pour cela d'additionner le superphosphate frais d'une quantité suffisante de carbonate de chaux. Il se forme alors du phosphate bicalcique. Les fabricants de superphosphate ont vu un effet semblable se produire en enrobant leurs produits avec du plâtre pour les dessécher : le plâtre de Paris renferme 10 à 12 pour 100 de carbonate de chaux, et si la quantité employée était suffisante, la rétrogradation se faisait par la formation de phosphate bicalcique.

Je crois que dans la fabrication des superphosphates, il serait préférable de produire du phosphate bicalcique plutôt que des phosphates de sesquioxyde. Le phosphate bicalcique, agit en effet dans tous les sols; les phosphates de sesquioxyde ont besoin pour être rendus solubles de se trouver au contact d'alcalis ou de carbonates alcalins. Le carbonate de chaux divisé, en excès, les rend également solubles dans l'acide carbonique comme l'a démontré M. Dehérain. Mais ce sont là des conditions particulières que l'on ne rencontre pas toujours et sans lesquelles les phosphates de sesquioxyde peuvent rester entièrement inertes dans le sol.

M. Dehérain a établi, que l'un des effets utiles des chaulages et marnages à haute dose employés dans une grande partie de la France était de rendre soluble dans l'acide carbonique les phosphates de sesquioxydes. J'ai eu occasion de trouver une vérification remarquable de cette manière de voir dans une terre du Perche. J'ai fait l'analyse d'une terre de Mondoubleau (Loir-et-Cher) appartenant à M. Boitel, inspecteur général de l'Agriculture et dans laquelle les phosphates donnaient de très-bons résultats, mais avec cette circonstance particulière que leur effet ne se prolongeait pas au delà d'une année. Cette terre était exceptionnellement riche en oxyde de fer, j'ai conseillé de faire succéder un fort marnage à l'emploi des phosphates, et dans ces conditions, on a retrouvé les rendements que l'on ne pouvait plus atteindre qu'à l'aide de nouvelles doses de phosphate.

OBSERVATIONS SUR UN MÉMOIRE DE M. IS. PIERRE (1)

(ÉPUISEMENT DU SOL PAR LES POMMIERS)

PAR

M. LE BARON P. THENARD
membre de l'Institut.

Je ne puis m'empêcher de trouver bien exclusives les conclusions de notre savant correspondant. D'après lui, un pommier de Normandie ne vivrait que cinquante ans en moyenne, parce que son propriétaire ne lui fournirait pas, sous forme d'engrais, la dose d'azote nécessaire à sa végétation, et, d'après M. Is. Pierre, cette dose indispensable serait représentée par 80 kilogrammes de fumier annuellement répandu, c'est-à-dire de 16 000 kil. à l'hectare, en portant à 50 centiares la surface occupée par un pommier.

Or il est peu de terrains, même en Normandie, dont les cultures puissent être poussées, sans le concours d'engrais commerciaux, à ce degré d'intensité. A la ferme de Talmay, en Bourgogne, et avec une addition d'engrais industriels représentant 33 pour 100

(1) Ce mémoire a paru dans le 3e fascicule des *Annales agronomiques* page 386. Le savant doyen de la faculté des sciences de Caen l'a présenté à l'Académie dans la séance du 8 novembre, et cette présentation a provoqué les observations que nous reproduisons ici.

de l'azote total annuellement réparti, nous n'avons pu jusqu'ici arriver qu'à une production de 13 000 à 14000 kilog. de fumier de ferme par hectare et par an. Cependant nos récoltes sont vraiment estimables, car elles s'élèvent normalement, pour une rotation de trois ans, à 40 tonnes de betteraves, 25 hectolitres de froment et 60 hectolitres d'avoine, sur un sol dont la qualité, tout étant médiocre, est cependant supérieure à la majorité des terres arables de la Normandie.

Il ne faut donc pas accuser d'avarice ou de manque de générosité envers ses pommiers le *cultivateur* normand, qui jusqu'ici a joui d'une estime justement méritée; mais entrant plus avant dans la question, je me demande si c'est bien au défaut d'azote importé dans le sol qu'il faut attribuer ce peu de longévité des pommiers.

Depuis les travaux de M. Dehérain sur la fixation de l'azote de l'air au sein du sol; depuis ceux de notre savant confrère M. H. Mangon sur les propriétés physiques des sols; depuis ceux de M. Joulie sur l'équilibre qui doit être établi et maintenu dans le sol entre les matériaux directement utiles aux plantes, peut-être aussi depuis mes propres recherches sur l'état de l'azote dans le sol : l'azote combiné (en opposition avec l'azote libre) a théoriquement beaucoup perdu de son importance agronomique. Il faut, en effet, dans les calculs comparés d'azote concentré par les plantes et d'azote directement importé, compter avec ces nouvelles données, et, quelle que soit encore la difficulté du calcul, on ne peut plus dire que telle quantité d'azote absorbé doit être représentée par la même quantité d'azote importé : suivant les circonstances, elle peut en représenter moins, comme il arrive à Talmay, ou bien davantage, comme il arrive dans les bons terrains, et particulièrement dans les meilleurs cantons du Vexin et de la plaine de Caen. A cet égard, les vignes des grands clos de la Bourgogne nous donnent un exemple bien remarquable de l'importance secondaire de l'azote.

Ces vignes ne sont jamais arrachées, elles se renouvellent par voie de provignage. Le nombre des provins est annuellement de 500 sur 17 000 à 19 000 que compte l'hectare; la quantité de fumier, de 500 kilog. à raison de 1 kilog. par provin.

Comme on le voit, les Bourguignons sont bien loin des 16 000 kilogrammes réclamés par M. Is. Pierre pour les pommiers de la Normandie, cependant les produits sont bien autrement importants. Abandonnant les feuilles au sol, ils consistent en 1700 ou 1800

kilog. de fruits et une masse de sarments qui dépasse la quantité de combustible nécessaire à une famille de vignerons cultivant 2 hectares.

Qu'on fasse le calcul de l'azote ainsi annuellement exporté de la vigne, et l'on trouvera certainement un chiffre qui dépasse de beaucoup la quantité concentrée par les pommiers de Normandie.

Cependant le terrain, loin de s'appauvrir en azote, semble s'en enrichir presque indéfiniment.

Nous avons l'histoire très-authentique du clos Vougeot qui, aux dates et aux propriétaires près, est d'ailleurs celle de tous nos grands crus.

En l'an 904, le clos était une vaste friche de 54 hectares, dont 1$^{hect.}$,34 seulement était planté en vigne. En ce temps, les moines bénédictins et bientôt après les bernardins en étant devenus propriétaires, commencèrent à la faire miner; les rochers (d'ailleurs rarement adhérents au massif souterrain) qui recouvraient en grande partie la surface, furent d'abord enlevés et mis çà et là en gros tas sur des places qu'on appelle des *murgers;* la terre dans laquelle ils étaient primitivement incrustés fut régulièrement répartie sur la surface restée libre en couche de 40 centimètres, et il y fut planté de la vigne; mais petit à petit on découvrit des poches de terre qui furent vidées, puis en partie comblées par la pierre des murgers, et définitivement nivelées avec une portion de cette même terre, pendant que l'autre portion servit à recouvrer l'emplacement des murgers, qui successivement disparurent ainsi; enfin, en 1234, la dernière vigne, qui s'appelle encore les *vignes jeunes*, ayant été plantée, le célèbre clos fut constitué tel qu'il existe encore aujourd'hui.

Qu'on ne croie pas ici à un roman; pendant que les scribes nous faisaient, en effet, l'histoire du clos, les vignerons nous la traçaient en caractères encore plus authentiques. J'ai dit que la vigne s'y renouvelait par voie de provignage, par suite chaque recouchée laisse un tronc que, par une propriété spéciale aux terrains de nos grands crus, le temps est presque impuissant à détruire, en sorte qu'à la longue tous ces troncs ont formé, sous la surface du sol, un tapis dont l'épaisseur augmentant sans cesse, donne l'âge relatif des climats. Or c'est sous les vignes de 904 que le tapis est le plus épais, et il va successivement et d'âge en âge en s'amoindrissant jusqu'aux *vignes jeunes*, celles de 1234, les dernières plantes.

Eh bien, quelle est la richesse en azote du sol du clos? Si, avec la

baguette du magicien, nous transformions en fumier de ferme tout l'azote contenu dans la couche superficielle jusqu'à 30 centimètres de profondeur, nous engendrerions aussitôt sur les vignes de 904 une masse de fumier qui dépasserait 2500000 kilog. et qui, sur les vignes jeunes, se rapprocherait de 2 millions par hectare; mais au début quelle était la dose d'azote? Des minages du genre de ceux que nous venons de décrire, et dans les mêmes roches, nous ont appris que le sol vierge de toute culture ne contient pas en azote une quantité représentée par 150000 kilog. de fumier de ferme, et cependant il est immédiatement très-productif; mais au bout de trente ans cette proportion a doublé.

A notre avis, ce n'est donc pas la quantité d'azote condensé par une plante qui donne la mesure de la diminution de fécondité d'un sol; bien plus, nous voyons venir le moment où il sera démontré que la surabondance de l'azote, par rapport aux autres éléments utiles, peut devenir une cause sérieuse d'infertilité.

OBSERVATIONS
SUR LA COMPOSITION DES TERRES ARABLES DE L'AUVERGNE

PAR

M. TRUCHOT,
Docteur ès-sciences, Professeur suppléant à la Faculté des Sciences de Clermont-Ferrand,
Directeur de la station agronomique du Centre.

Les travaux du laboratoire de chimie agricole à la station agronomique du centre m'ont conduit à exécuter de nombreuses analyses des terres arables de l'Auvergne et provenant, soit de sols granitiques, soit de sols volcaniques, soit enfin d'alluvions, comme la Limagne.

Les résultats de ces analyses varient, on le conçoit, avec la provenance des terres, avec leurs divers degrés de fertilité, et il m'a paru intéressant de les comparer afin de déterminer l'influence plus ou moins prépondérante de tels ou tels éléments sur cette fertilité.

J'ai dû également comparer la composition de ces terres avec la composition et le mode de désagrégation des roches qui les ont

formées, ou du moins qui ont concouru pour la plus grande part à leur formation.

Un autre moyen d'apprécier l'action des roches au point de vue de la fertilité du sol, consistait à analyser les eaux qui prennent naissance dans des massifs bien déterminés et qui sont utilisées pour les irrigations.

Enfin, l'étude des sols composant ces prairies séculaires qui ne recoivent jamais d'engrais ou seulement les déjections des animaux qu'elles nourrissent, pouvait fournir des données sur l'importante question de la fixation de l'azote atmosphérique.

Tels sont les différents points qui vont être successivement exposés.

I. — Composition des sols et des roches qui les ont formés.

Les éléments qui contribuent principalement à la fertilité d'une terre, parmi ceux qui proviennent des roches désagrégées, sont, comme chacun le sait, la *chaux*, la *potasse* et l'*acide phosphorique*.

Terres granitiques. — Si l'on examine la composition des granites du Puy-de-Dôme, on reconnaît bien vite qu'ils manquent à peu près complétement de chaux et qu'ils sont pauvres en acide phosphorique; seule, la potasse s'y rencontre en proportion notable. Les dosages suivants se rapportent, non point à ces masses de granite, pour ainsi dire indestructibles, qui ne contribuent à la formation de la terre arable qu'avec les siècles et toujours pour une très-faible part, mais à des roches plus ou moins désagrégées, qui sont friables et qui forment le sous-sol des terres dont la composition est donnée plus loin, après avoir formé le sol lui-même.

TABLEAU I. — CHAUX, POTASSE, ACIDE PHOSPHORIQUE DANS LES ROCHES GRANITIQUES DÉSAGRÉGÉES.

Nos D'ORDRE.	DÉSIGNATION DES GRANITES ANALYSÉS.	CHAUX p. 100.	POTASSE p. 100.	ACIDE phosphorique p. 100.
1.	Granite du Bourgnon (canton de Saint-Dier)	0,040	0,160	0,015
2.	— de Trézioux (canton de Saint-Dier)	0,099	0,332	0,048
3.	— de Montaigut....................	traces	0,345	traces
4.	— de Theix (canton de Clermont)....	traces	0,371	0,037
5.	Gneiss du Chéry (canton de Sauxillanges)..	traces	0,115	traces

Les terres qui proviennent de la désagrégation de ces granites ou de granites analogues sont peu fertiles ou ne le deviennent que par des chaulages et des engrais phosphatés.

La composition de vingt-trois de ces terres est donnée au Tableau II.

L'acide phosphorique, la potasse et la chaux ont été déterminés au moyen des méthodes indiquées par M. P. de Gasparin. (*Traité de la détermination des terres arables dans le laboratoire.*)

Les doses trouvées pour ces trois éléments, qui fixent spécialement notre attention au point de vue de la fertilité, ont été rapprochées dans le tableau suivant et inscrites en italiques. On reconnaît que les sept premières terres seules contiennent une faible proportion de chaux, et encore faut-il ajouter qu'elles ont été chaulées plusieurs fois.

A part les six dernières, elles renferment des proportions de potasse qui dépassent souvent celles qu'on rencontre dans des terres très-fertiles; mais l'acide phosphorique y fait défaut, et encore les doses ont-elles été vraisemblablement augmentées dans la plupart par des fumures abondantes additionnées de phosphate, sans lesquelles ces terres ne donneraient que de maigres récoltes.

Depuis longtemps, deux agriculteurs des plus distingués, MM. de Guérines et Téallier, propriétaires des terres du Bourgnon et de Trézioux, ont constaté qu'après les chaulages les engrais phosphatés réussissaient à merveille sans addition de potasse.

Terres volcaniques. — Il en est autrement des sols volcaniques, qu'ils soient formés par les roches basaltiques ou les laves modernes.

La désagrégation des roches pyroxéniques et labradoriques a fourni du calcaire; si bien que ces sols, quoique rangés parmi les terrains siliceux comme les précédents, n'ont pas besoin, en général, d'être chaulés. Leur teneur en potasse est assez élevée, mais ils se distinguent surtout par la forte proportion d'acide phosphorique qu'ils renferment.

Les roches qui leur ont donné naissance, malgré leur diversité, n'ont pas une composition bien différente, et je me contenterai de citer les proportions de chaux, de potasse et d'acide phosphorique trouvées, pour les principaux types, en les empruntant aux analyses de M. de Lasaulx et de Kosmann.

TABLEAU II. — TERRES PROVENANT DE LA DÉSAGRÉGATION DES ROCHES GRANITIQUES.

On a dosé dans 100 parties.

NUMÉROS D'ORDRE.	DÉSIGNATION DES TERRES ANALYSÉES.	ANALYSE PHYSIQUE.			ANALYSE CHIMIQUE.							
		PIERRES.	SABLE.	ARGILE et sable fin.	ACIDE phosphorique.	POTASSE.	CHAUX.	MAGNÉSIE.	OXYDE DE FER et ALUMINE.	CARBONE des matières organiques.	AZOTE.	INATTAQUABLE.
1.	Terre du Bourgnon (canton de Saint-Dier).....	45,20	46,63	8,17	*0,086*	*0,096*	*traces*	traces	8,000	1,580	0,072	83,5
2.	Id. id.	40,70	48,50	10,80	*0,054*	*0,117*	*0,150*	0,160	6,450	1,800	0,080	84,0
3.	Id. id.	25,10	60,96	13,94	*0,089*	*0,120*	*0,300*	0,130	8,050	2,640	0,185	83,0
4.	Id. id.	36,20	55,93	7,87	*0,095*	*0,045*	*0,108*	traces	8,446	2,460	0,184	84,1
5.	Terre de Trézioux id.	26,70	66,30	7,00	*0,048*	*0,295*	*0,102*	traces	7,000	»	»	86,1
6.	Id. id.	47,70	47,40	4,90	*0,032*	*0,064*	*0,118*	traces	8,200	»	»	84,6
7.	Terre de Chalagnat (canton d'Ardes)..........	50,00	27,50	22,50	*0,035*	*0,184*	*0,086*	0,840	5,900	0,651	0,046	88,0
8.	Terre de Theix (canton de Clermont).........	60,00	16,80	23,20	*0,086*	*0,345*	*traces*	1,257	8,310	»	»	82,4
9.	Terre du Chéry (canton de Sauxillanges)......	36,90	43,60	19,50	*0,040*	*0,216*	*traces*	0,463	5,700	traces	0,067	91,1
10.	Id. id, ...	40,30	42,90	16,80	*0,024*	*0,405*	*traces*	1,031	8,000	1,020	0,066	86,3
11.	Id. id.	35,40	23,50	41,10	*0,021*	*0,198*	*traces*	0,162	3,250	»	»	93,2
12.	Id. id.	44,10	22,80	33,10	*0,021*	*0,108*	*traces*	0,230	3,410	0,980	0,032	92,7
13.	Terre de Sugères (canton de Saint-Dier)......	25,20	61,56	13,24	*0,090*	*0,471*	*traces*	0,630	5,610	»	»	88,8
14.	Id. id.	19,20	69,24	11,56	*0,065*	*0,440*	*traces*	0,330	6,210	»	»	84,2
15.	Id. id.	16,30	69,72	13,98	*0,050*	*0,490*	*traces*	0,549	5,150	»	»	91,4
16.	Id. id.	20,00	68,88	11,12	*0,033*	*0,405*	*traces*	0,243	3,675	»	»	91,4
17.	Id. id.	8,00	75,53	16,47	*0,033*	*0,713*	*traces*	0,333	4,260	»	»	90,4
18.	Terre de Saint-Mande (canton d'Issoire).......	27,00	49,60	23,40	*0,056*	*0,022*	*traces*	traces	»	0,900	0,054	»
19.	Id. id.	26,50	40,28	33,22	*0,049*	*0,015*	*traces*	traces	»	2,700	0,126	»
20.	Id. id.	45,80	39,32	15,18	*0,071*	*0,024*	*traces*	traces	»	0,600	0,046	»
21.	Id. id.	20,00	51,04	28,96	*0,071*	*0,018*	*traces*	traces	»	0,520	0,046	»
22.	Id. id.	14,50	57,88	27,62	*0,095*	*0,018*	*traces*	traces	»	1,440	0,131	»
23.	Id. id.	51,50	31,19	17,31	*0,090*	*0,017*	*traces*	traces	»	1,500	0,088	»

TABLEAU III. — CHAUX, POTASSE, ACIDE PHOSPHORIQUE DANS LES ROCHES VOLCANIQUES

On a dosé dans 100 parties.

Nos d'ordre.	DÉSIGNATION DES ROCHES VOLCANIQUES.	CHAUX.	POTASSE.	ACIDE PHOSPHORIQUE.
1.	Lave de Gravenoire (de Lasaulx)..	10,70	1,28	0,860
2.	Lave du chuquet Couleyre (Kosmann)......................	8,19	1,00	0,580
3.	Lave du puy de Côme (Kosmann).	3,58	1,95	0,680
4.	Lave du puy de Pariou (de Lasaulx)	6,54	3,86	traces
5.	Lave de Volvic (Kosmann).......	4,17	2,69	traces

Voici au surplus les quantités d'acide phosphorique extraites de plusieurs roches volcaniques traitées par l'eau régale.

TABLEAU IV. — ACIDE PHOSPHORIQUE EXTRAIT DE DIVERSES ROCHES VOLCANIQUES.

On a dosé dans 100 parties.

Nos d'ordre.	DÉSIGNATION DES ROCHES ANALYSÉES.	ACIDE PHOSPHORIQUE.
1.	Domite du Puy-de-Dôme..................................	0,096
2.	Id.	0,109
3.	Trachyte du Mont-Dore..................................	0,217
4.	Scorie basaltique (pont des eaux)........................	0,512
5.	Pouzzolane de Gravenoire	0,614
6.	Lave de Gravenoire	0,717
7.	Id. partiellement décomposée................	0,742

Après ces chiffres, je citerai les résultats suivants obtenus dans l'analyse de terres volcaniques :

TABLEAU V. — CHAUX, POTASSE, ACIDE PHOSPHORIQUE DANS DES TERRES VOLCANIQUES.

On a dosé dans 100 parties.

Nos d'ordre.	DÉSIGNATION DES TERRES ANALYSÉES.	CHAUX.	POTASSE.	ACIDE PHOSPHORIQUE.
1.	Terre de Beaumont.............	1,6	0,226	0,403
2.	Terre d'Aubière.................	2,6	0,160	0,304
3.	Terre de Saint-Jacques, près Clermont.......................	2,8	0,269	0,208
4.	Terre de Chalagnat	0,3	0,270	0,147
5.	Terre de Theix..................	traces	0,336	0,203

Ces terres, surtout les deux premières, sont très-fertiles, malgré

une faible épaisseur de la couche arable, et à l'inspection de ces chiffres on est amené à conclure encore, avec M. P. de Gasparin, que l'acide phosphorique donne, plutôt que la potasse, la mesure de la fertilité d'un sol.

Sans doute la composition chimique n'influe pas seule sur cette fertilité qui a bien d'autres facteurs; ainsi par exemple, en Auvergne, les terres volcaniques, d'une couleur brune, souvent très-foncée, s'échauffent beaucoup plus que les terres granitiques, et trouvent dans cette propriété physique un élément de fertilité; mais on ne saurait disconvenir que les substances minérales et surtout l'acide phosphorique n'y aient une part prédominante. C'est ce qui ressort de tous les chiffres rapportés ci-dessus, ainsi que des suivants.

Terres de la Limagne. — Les analyses qui suivent se rapportent à cette puissante alluvion, à la formation de laquelle ont concouru toutes les roches d'Auvergne, la vase des lacs anciens et même les eaux minérales.

L'exposition, l'épaisseur de la couche arable qui dépasse souvent plusieurs mètres, l'ameublissement indiqué par l'analyse physique, etc., contribuent évidemment à faire de la Limagne un grenier d'abondance; enfin si l'on considère les proportions d'acide phosphorique, on reconnaît qu'elles sont triples de celles que M. P. de Gasparin regarde comme caractérisant les meilleurs sols.

Une remarque importante trouve ici sa place. A voir ces terres d'alluvion de la Limagne d'une fertilité exceptionnelle et d'une couleur noire, on est tenté de les assimiler à des terres maraîchères améliorées par le terreau; on les suppose très-riches en humus et on attribue leur fertilité à cette grande proportion de composés carbonés. Or il n'en est rien. Leur teneur en carbone des matières organiques déterminée comme il sera dit plus loin, est assez faible et montre que beaucoup de terres moins fertiles en contiennent davantage.

Ces terres présentent en outre plusieurs particularités intéressantes.

Elles renferment une proportion notable de lithine, ainsi que je l'ai constaté dès 1874 (1).

On pourrait croire au premier abord que cet alcali a été fourni par la désagrégation des micas provenant des roches granitiques;

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 13 avril 1874.

TABLEAU VI — TERRES D'ALLUVION (LIMAGNE D'AUVERGNE).
On a dosé dans 100 parties.

NUMÉROS D'ORDRE.	DÉSIGNATION des TERRES ANALYSÉES.	ANALYSE PHYSIQUE.			ANALYSE CHIMIQUE.									
		PIERRES.	SABLE.	ARGILE et sable fin.	ACIDE phosphorique.	POTASSE.	CHAUX.	LITHINE (carbonate).	MAGNÉSIE.	OXYDE DE FER et ALUMINE.	CHLORE.	CARBONE des matières organiques.	AZOTE.	INATTAQUABLE.
1.	Terre de St-Bonnet, près Chauriat. — Sol................	»	35,0	65,0	*0,274*	*0,651*	*16,564*	0,055	1,140	14,0	0,008	1,800	0,194	43,7
2.	Terre de St-Bonnet, près Chauriat. — Sous-sol............	»	42,5	57,5	*0,309*	*0,675*	*15,477*	0,050	1,133	17,5	0,006	»	»	44,1
3.	Terre de Mont-Désir, près Clermont. — Sol................	2,2	42,0	55,8	*0,296*	*0,548*	*9,970*	0,085	1,850	13,1	0,069	1,145	0,310	57,8
4.	Terre de Mont-Désir, près Clermont. — Sous-sol..........	4,1	34,8	61,1	*0,229*	*0,615*	*5,150*	0,080	1,466	12,4	0,0	»	»	69,4
5.	Terre de Sarliève. — Sol......	3,3	11,6	85,1	*0,254*	*0,688*	*6,272*	0,100	0,010	10,8	0,055	1,238	0,227	»
6.	Id. — Sol......	»	4,0	96,0	*0,329*	*0,385*	*8,893*	0,132	0,005	7,3	0,066	1,033	0,458	»
7.	Id. — Sol......	31,4	38,4	30,2	*0,304*	*0,435*	*8,340*	»	»	8,4	0,020	1,464	0,210	»

ce serait une erreur, car les sols granitiques du Puy-de-Dôme ne renferment que des traces de lithine. Ce sont sans doute les eaux minérales d'une époque antérieure qui ont apporté cet alcali; et, en effet, les sources actuelles, si nombreuses en Auvergne, sont toutes plus ou moins chargées de lithine; ainsi, les eaux de Royat et de Châteauneuf contiennent 35 milligrammes de chlorure de lithium par litre.

Chose curieuse, la présence de la lithine dans ces terres n'est peut-être pas sans quelque influence sur certaines récoltes. On cultive depuis quelques années le tabac dans la Limagne d'Auvergne, et, comme il fallait s'y attendre à cause de la richesse générale du sol, il y prospère et donne des rendements considérables; mais il y a plus, ce tabac est d'une qualité exceptionnelle, ce qui ne pouvait être prévu à l'avance. Le tabac est une plante lithinifère; les meilleurs produits étrangers sont ceux qui renferment le plus de lithine, et le tabac de la Limagne en renferme plus encore : 100 grammes de cendres, provenant de 667 grammes de feuilles sèches, ont fourni $0^{gr},340$ de chlorure de lithium.

Ne serait-il pas permis de tirer de ce rapprochement la conséquence que la présence de la lithine dans les terres d'Auvergne contribue à la bonne qualité du tabac qu'on y cultive (1)?

De plus, j'ai remarqué que les solanées vireuses contiennent beaucoup de lithine, et qu'elles prennent dans la Limagne un développement extraordinaire. Je me propose d'étudier cette relation plus en détail.

Une autre remarque à faire au sujet de la composition des terres de la Limagne, c'est qu'elles contiennent une certaine quantité de chlorures alcalins, dont il faut encore attribuer la présence à l'action des eaux minérales.

Et cette fois encore une culture très-importante, celle de la betterave à sucre, est influencée par ce fait en apparence insignifiant.

Ainsi que je l'ai constaté depuis deux ans, la betterave absorbe

(1) M. Schlœsing (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1860, t. L, p. 642 et 1027) a constaté que les tabacs combustibles sont ceux qui renferment une certaine proportion de sels organiques à base de potasse, et que ceux, au contraire, qui contiennent en plus grande quantité des sels organiques à base de chaux, sont plus ou moins incombustibles. On pourrait, par conséquent, attribuer la facile combustibilité du tabac d'Auvergne à la présence de sels de potasse, le sol fournissant cette base en abondance. Toutefois, l'observation ci-dessus concernant la lithine m'a paru devoir être signalée.

ces chlorures dans la proportion de 2 à 4 millièmes, proportion 7 ou 8 fois plus forte que celle fournie par les betteraves du Nord, et l'on sait que ces sels sont généralement l'indice de l'existence dans les mélasses de produits visqueux qui empêchent la cristallisation d'une quantité de sucre égale à 4 ou 5 fois leur poids ; ce qui m'a expliqué l'insuccès de certaines sucreries établies autrefois en Limagne (1).

La quantité de carbonates alcalins extraite des cendres de betteraves est sensiblement la même partout et de 5 à 6 millièmes du poids des racines. Cela se comprend : ces sels ne préexistent pas dans la betterave ; ils résultent de la décomposition par la chaleur de sels à acides organiques qui font partie essentielle de l'organisation de la plante et qui ne se développent pas sensiblement plus dans un sol que dans un autre. Les chlorures alcalins, au contraire, préexistent dans la plante et sont absorbés en plus ou moins grande quantité, suivant que le sol en est plus ou moins riche, sans faire pour ainsi dire partie intégrante du végétal.

M. Pagnoul, analysant des betteraves au Concours du Pas-de-Calais du 14 novembre 1871, avait déjà constaté dans une betterave de la Limagne d'Auvergne une proportion de chlorures alcalins de 0,413 pour 100, et il avait cru pouvoir en conclure que le sol de la Limagne doit être assez riche en chlorures, ce qui l'avait conduit à émettre l'idée que le lac d'eau douce qui recouvrait ce sol, aux époques géologiques antérieures à la nôtre, n'était pas absolument exempt de sel marin. La première de ces conclusions au moins est très-fondée, comme le montrent les dosages de chlore rapportés ci-dessus et qui proviennent d'un traitement de la terre par l'eau pure.

II. — Désagrégation des roches d'Auvergne.

J'ai cru devoir aussi comparer les principaux types des roches d'Auvergne sous le rapport de leur désagrégation plus ou moins facile.

Ne pouvant examiner l'effet de tous les agents que la nature met en œuvre pour faire d'une roche une terre meuble, je me suis con-

(1) Voyez, sur ce sujet, le mémoire de M. Durin (*Annales agronomiques*, 3e fascicule, p. 436.)

tenté de pulvériser aussi fin que possible chacun des échantillons essayés et de les soumettre pendant quelques jours à l'action de l'eau chargée d'acide carbonique sous la pression de 8 atmosphères et dans la proportion de 10 grammes pour 700^{cc} d'eau.

La pulvérisation remplaçait les actions mécaniques auxquelles sont soumises les roches à la surface du sol, et l'eau chargée d'acide carbonique agissait comme dissolvant.

Voici quelques résultats rapportés à un litre d'eau.

TABLEAU VII. — SUBSTANCES ENLEVÉES PAR L'EAU CHARGÉE D'ACIDE CARBONIQUE A DIVERSES ROCHES PULVÉRISÉES.

N°s D'ORDRE.	DÉSIGNATION DES ROCHES.	SUBSTANCES DISSOUTES.	CHAUX.	POTASSE.	ACIDE PHOSPHORIQUE.
		gr.	gr.	gr.	gr.
1	Granite de Montaigut.....	0,080	»	0,0101	»
2	Granite de Trézioux......	0,090	»	0,0092	»
3	Lave de Gravenoire......	0,160	0,040	0,006	0,001
4	Lave de Volvic...........	0,175	0,025	0,008	traces
5	Domite du Puy-de-Dôme..	0,182	traces	0,0057	traces
6	Scorie basaltique........	0,205	0,045	0,0078	0,0005
7	Pouzzolane de Gravenoire.	0,210	0,055	0,005	0,001
8	Trachyte du Mont-Dore...	0,290	traces	0,0182	traces

Les roches sont rangées dans le tableau précédent d'après la proportion totale des substances qu'elles ont abandonnées; mais la majeure partie de ces substances est formée par la silice, et si l'on ne tenait compte que de la chaux, de la potasse et de l'acide phosphorique, l'ordre serait le suivant.

1 Domite.
2 Granite de Trézioux.
3 Granite de Montaigut.
4 Trachyte du Mont-Dore.
5 Lave de Volvic.
6 Lave de Gravenoire.
7 Scorie basaltique.
8 Pouzzolane de Gravenoire.

Les roches qui ont abandonné au dissolvant l'acide phosphorique sont celles qui ont fourni en même temps une certaine quantité de chaux. Le résultat peut tenir non-seulement à ce que ces roches sont plus phosphatées que les autres, ce qui est vrai, mais aussi à ce que les phosphates de fer et d'alumine, qui sont insolubles dans les acides faibles, deviennent solubles dans l'acide carbonique en

présence du carbonate de chaux, ainsi que l'a constaté M. Dehérain. (*Chimie agricole*, p. 407.)

III. — Analyse des eaux servant aux irrigations.

L'action des roches, au point de vue de la fertilité des terres, peut encore être appréciée par l'analyse des eaux souterraines qui en proviennent et qui, employées dans les irrigations, sont plus ou moins efficaces.

Il est dans le département du Puy-de-Dôme telles eaux qui ont la réputation d'accroître la fertilité des sols sur lesquels elles sont employées, tandis que d'autres sont connues par leur peu d'efficacité. Or, ainsi qu'on pouvait le prévoir d'après tout ce qui précède, les premières sortent des terrains volcaniques et les secondes des terrains granitiques.

Les dosages suivants rapportés à un litre confirment pleinement ces appréciations.

TABLEAU VIII. — COMPOSITION DES EAUX PROVENANT DE TERRAINS GRANITIQUES ET DE TERRAINS VOLCANIQUES.

Nos d'ordre.	DÉSIGNATION DES EAUX.	SILICE.	CHAUX.	POTASSE.	SOUDE.	ACIDE PHOSPHORIQUE.
	EAUX DES TERRAINS GRANITIQUES.					
		mg.	mg.	mg.	mg.	mg.
1	Eau de Montaigut.....	40	Traces.	2.7	2.0	Traces
2	Eau de la Celle (fontaine).............	9	2.4	2.5	3.6	Traces
3	Eau de Sauviat (fontaine de la sainte Vierge)..	29	25	1.9	6.4	Traces
4	Eau d'Estandeuil (fontaine).............	28.5	13.5	8.2	13.5	Traces
	EAUX DES TERRAINS VOLCANIQUES.					
5	Eau de Nohanent (ayant coulé sous la lave)..	33	Traces	1.4	»	0.873
6	Eau du lac Pavin......	25	Traces	1.2	4.9	1.080
7	Eau de la Couze d'Issoire..............	17	Traces	1.5	5.	0.850

L'acide phosphorique a été déterminé par l'excellente méthode

de M. P. de Gasparin. (*Bulletin de la Société centrale d'agriculture de France*, mars 1873.)

Les résultats, compris sous les nos 2, 3 et 4, m'ont été communiqués par M. Finot, habile préparateur de la station agronomique du Centre et extraits d'un mémoire encore inédit sur quelques eaux potables du Puy-de-Dôme.

Ainsi les eaux granitiques, assez riches en potasse, ne contiennent pas sensiblement d'acide phosphorique; les eaux volcaniques renferment moins de potasse, mais environ un milligramme d'acide phosphorique par litre.

Ces eaux, normalement aérées, sont très-peu chargées de matières minérales. Il en est d'autres, provenant de sols calcaires, qui contiennent de 1 à 2 grammes de sels en dissolution et que certaines populations sont obligées d'employer comme eaux potables, malgré leurs inconvénients de plus d'un genre. On remarquera que ces eaux sont aussi nuisibles aux plantes; on ne les emploie jamais dans les irrigations et elles nuisent d'une manière évidente, par exemple, aux légumes d'un jardin qui en sont arrosés.

Voici la composition de deux d'entre elles, l'une prise à Clermont aux abords de la gare, à l'entrée de la Limagne, et l'autre à Aubière.

TABLEAU IX. — COMPOSITION DES EAUX PROVENANT DES TERRAINS CALCAIRES.

EAU = 1 LITRE.	EAU DE CLERMONT.	EAU D'AUBIÈRE.
	cc.	cc.
Gaz dissous — Oxygène	5.3	4.1
Gaz dissous — Azote	17.2	18.9
Gaz dissous — A. carbonique	10.3	15.8
	gr.	gr.
Carbonate de chaux	0.171	0.450
Id. de magnésie	0.061	0.266
Carbonates alcalins	0.094	0.075
Chlorure de sodium	0.227	0.376
Sulfate Id.	0.273	0.297
Nitrate Id.	0.060	0.040
Matières organiques	0.078	0.055
TOTAUX	0.964	1.559

IV. — Dosage de l'azote organique dans les sols.

M. Boussingault a constaté depuis longtemps que dans les sols cultivés la quantité d'azote enlevée par les récoltes dépasse souvent celle qui a été fournie par les engrais, sans que cependant les terres

soumises à ces déperditions constantes diminuent de fertilité; de sorte qu'il faut admettre l'intervention de l'azote atmosphérique venant combler la différence qui existe entre l'azote enlevé par les récoltes et l'azote apporté par les engrais.

Il n'y a pas d'incertitude sur ce point. D'autre part, des expériences nombreuses tendent à prouver, contrairement à l'opinion de M. G. Ville, que les végétaux ne fixent l'azote atmosphérique qu'après que celui-ci est entré dans quelque combinaison dans l'intérieur du sol.

M. Dehérain, à la suite d'expériences délicates (1), a été conduit à penser que l'azote se fixe dans la terre arable à la faveur des matières ulmiques carbonées, qui sont le siége d'une combustion particulière, avec dégagement d'acide carbonique. Dans le but de trouver dans l'étude du sol lui-même un argument pour ou contre cette manière de voir, j'ai cherché à constater si, dans la terre, la proportion de l'azote organique est en rapport avec le carbone des composés ulmiques. J'ai dosé successivement l'azote par la chaux sodée, et le carbone par le bichromate de potasse et l'acide sulfurique, après disparition de l'acide carbonique des carbonates. L'azote ammoniacal, déterminé à part, a été retranché de l'azote trouvé; cette correction est d'ailleurs très-faible dans presque tous les cas.

Voici les résultats obtenus rapportés à 100 grammes de terre.

(1) Annales des sciences naturelles. Botanique, t. XVIII, page 147, 1873.

TABLEAU X. — CARBONE ET AZOTE DOSÉS DANS 100 GR. DE DIVERSES TERRES.

Nos d'ordre.	DÉSIGNATION DES TERRES.	CARBONE.	AZOTE.	OBSERVATIONS.
	A. Terres de prairies non fumées ou seulement pacagées par les vaches.			
		gr.	gr.	
1	Terre d'un pré verger. — Clermont.	4.920	0.452	
2	Id. Romagnat....	3.500	0.420	
3	Id. Id.	2.160	0.224	
4	Id. Id.	2.370	0.282	
5	Terre de Theix. — Granitique....	14.800	0.686	
6	Terre de Royat. — Granitique....	6.120	0.445	
7	Terre de Besse. — Volcanique....	11.880	0.940	Pacagée.
8	Id. Id.	12.900	0.760	Non pacagée.
9	Id. Id.	10.200	0.743	Peu fertile.
10	Id. Id.	11.040	0.708	Pacagée.
11	Terre du Puy-de-Dôme Id.	10.050	0.732	Fertile.
12	Id. Id.	2.340	0.244	Stérile.
	B. Terres cultivées ayant reçu des fumures ordinaires.			
13	Terre d'Aigueperse. — Granitique..	5.400	0.120	
14	Id. Id.	4.560	0.134	Non fumée depuis longtemps.
15	Terre de Saint-Bonnet. — Alluvion.	1.800	0.194	
16	Terre du Bourgnon. — Granitique.	2.460	0.184	Fortement fumée.
17	Id. Id.	1.580	0.072	
18	Id. Id.	2.640	0.185	
19	Id. Id.	1.800	0.080	
20	Terre du Chéry. Id.	traces	0.067	
21	Id. Id.	1.200	0.066	
22	Id. Id.	0.980	0.032	
23	Terre de Ravel. — Calcaire marneux	2.340	0.120	
24	Id. Siliceux........	1.745	0.060	
25	Terre d'Allagnat. — Volcanique...	1.764	0.082	
26	Id. Granitique	0.651	0.046	
27	Terre de St-Jacques. — Volcanique.	2.685	0.247	
28	Terre de Sarliève. — Alluvion.....	1.238	0.227	
29	Id. Id.	1.033	0.458	
30	Id. Id.	1.464	0.210	
31	Terre de Saint-Mande. Granitique..	0.900	0.054	
32	Id. Id.	2.700	0.126	
33	Id. Id.	0.600	0.046	
34	Id. Id.	0.520	0.046	
35	Id. Id.	1.440	0.131	
36	Id. Id.	1.500	0.088	
37	Terre de Ceyrat. — Volcanique....	2.320	0.147	
38	Id. Id.	3.840	0.316	
39	Id. Id.	2.220	0.194	
40	Id. Granitique...	1.380	0.087	
41	Id. Id.	2.700	0.098	
42	Id. Id.	2.640	0.076	

J'ajouterai à ces résultats les dosages suivants, obtenus à l'aide des mêmes procédés, soit par M. Boussingault, soit par M. Dehérain, et rapportés également à 100 grammes de terre.

ANALYSES DE M. BOUSSINGAULT.

DÉSIGNATION DES TERRES.	CARBONE	AZOTE
	gr.	gr.
Terreau des maraîchers	9,94	1.050
— neuf	6,64	0,528
Terre d'un herbage d'Argentan (Orne)	4,09	0,513
— du Liebfrauenberg	2,43	0,259
— de Bischwiller	2,87	0,295
— de Bechelbronn	1,16	0,139

ANALYSES DE M. DEHÉRAIN.

Terres du domaine de Grignon, pièce des Vingt-Six arpents.

DÉSIGNATION DES ÉCHANTILLONS.		CARBONE.	AZOTE.
		gr.	gr.
Voisinage du chemin de Chantepie	à la surface	1,617	0,204
	à 1 mètre de profondeur	1,515	0,106
	à $1^m,60$ de profondeur	1,510	0,109
Milieu de la pièce	à $0^m,90$ de profondeur	1,495	0,150
Voisinage de l'étang.	à la surface	1,532	0,202
	a $0^m,80$ de profondeur	1,525	0,160

Il suffit de comparer ces chiffres pour constater que l'azote est d'autant plus abondant dans le sol que le carbone s'y trouve lui-même en plus grande quantité.

Les terres de Besse méritent une mention spéciale. Elles proviennent d'une montagne volcanique d'une hauteur de 1100 mètres au-dessus du niveau de la mer, et produisent en abondance une herbe qui nourrit, pendant six mois de l'année, des troupeaux de vaches de Salers. Chaque année, par conséquent, le sol fournit une quantité d'azote qui ne lui est rendue que par l'atmosphère ou peu s'en faut, car les substances azotées restituées par les déjections des animaux sont peu de chose en comparaison de la quantité que contient ce sol, et d'ailleurs le n° 3, qui correspond à une terre non pacagée depuis longtemps, est presque aussi riche que le n° 2, sol pacagé habituellement.

Il est dès lors extrêmement remarquable de voir que ces sols, aussi riches en matières carbonées que les meilleures terres maraîchères, conservent également une teneur en azote très-élevée.

Ces dosages m'ont surpris, et il va sans dire que je les ai soumis à une vérification sérieuse; mais alors je crois être autorisé à trouver dans ce rapport l'indication de la cause de la fixation de l'azote atmosphérique : ce sont les matières ulmiques qui fixent l'azote, puisque la dose de celui-ci est proportionnelle à la quantité de carbone de ces matières.

Toutefois, une objection s'est présentée au sujet de la grande quantité d'azote contenue dans les terres des montagnes de Besse.

J'ai constaté (1) que la proportion d'ammoniaque augmente dans l'air atmosphérique lorsqu'on s'élève à une hauteur de plus en plus grande; ainsi, tandis qu'à Clermont, l'air contenait $1^{mg},12$ d'ammoniaque par mètre cube, au sommet du Puy-de-Dôme, à 1446^{m} au-dessus du niveau de la mer, un mètre cube en contenait $3^{mg},18$, et enfin, au sommet du Pic de Sancy, à 1884^{m}, la proportion atteignait $5^{mg},55$.

Ce résultat, qui au premier abord paraît en contradiction avec ce fait que l'ammoniaque se produit surtout à la surface de la terre, s'explique néanmoins par les propriétés de cet alcali. M. Boussingault (2) a constaté en effet que de l'eau contenant une petite quantité d'ammoniaque, et abandonnée à l'évaporation spontanée, perdait les deux tiers de l'alcali, alors que la moitié seulement de l'eau avait disparu. Ainsi, l'ammoniaque produite à la surface du sol, se dissémine dans l'atmosphère, malgré sa grande solubilité, emportée en majeure partie avec la vapeur qui va constituer les nuages.

J'ai dû alors me demander si la grande quantité d'azote trouvée dans les terres de Besse ne proviendrait pas surtout de l'ammoniaque que l'atmosphère de la montagne renferme en plus grande proportion, au lieu de résulter de la fixation de l'azote atmosphérique sur les matières carbonées. Mais cette objection tombe devant ce fait que ce ne sont pas seulement les terres des prairies élevées qui renferment une forte proportion d'azote. La terre de Theix, par exemple, qui correspond à une élévation de 500 mètres environ, et qui constitue une espèce de terre de bruyère, contient presque

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 17 novembre 1873.
(2) Agronomie, chimie agricole, t. II, p. 240.

autant d'azote que les terres de Besse. La proportion de 14,8 de carbone qu'elle contient, n'est aussi élevée qu'à cause des débris de racines très-friables qu'elle renferme, et dont il est impossible de la débarrasser complétement.

CONCLUSION.

Je crois pouvoir conclure de toutes ces analyses et de ces comparaisons :

1° *Que l'acide phosphorique est l'élément principal de la fertilité des terres d'Auvergne, et que les sols volcaniques doivent en grande partie leur supériorité à une proportion notable de cet acide phosphorique, rendu d'ailleurs plus facilement soluble et assimilable par la présence de la chaux.*

2° *Que la proportion d'azote contenue dans les sols est en rapport direct avec la quantité de carbone des composés ulmiques de ces mêmes sols et qu'il y a lieu de penser, avec M. Dehérain, que l'azote atmosphérique se fixe sur ces composés carbonés avant de concourir à la nutrition des plantes.*

DE L'INFLUENCE DE LA SÉCHERESSE DE 1870 SUR LES RÉCOLTES DE ROTHAMSTED

PAR

MM. LAWES ET GILBERT (1).

TROISIÈME PARTIE.

CULTURE DE L'ORGE

Notre troisième et dernière série d'observations s'applique à la culture de l'orge et si nous cherchons l'influence qu'exerce la saison sur l'abondance de la récolte, nous reconnaîtrons qu'un grand excès d'humidité ou une sécheresse prolongée produisent des effets également fâcheux. Les faibles récoltes obtenues pendant les saisons très-pluvieuses, l'ont été par des températures très-basses ou très-éle-

(1) Voyez page 274.

vées; mais quand le produit a été abaissé par la sécheresse, celle-ci était accompagnée d'une grande chaleur. Les récoltes les plus abondantes, au contraire, se sont développées sous l'influence de pluies modérées, heureusement distribuées pendant la période active de la végétation, secondées par une température favorable. Quand un excès de pluie pendant le printemps et le commencement de l'été a été nuisible à la fois au blé et à l'orge, il l'a été davantage à la culture printanière de l'orge qu'au blé semé en automne.

On a reconnu que l'orge, le blé ou les graminées de la prairie se développent plus vigoureusement sous l'influence du nitrate de soude que sous celle des sels ammoniacaux, les deux engrais étant semés en même temps au printemps et employés en quantités telles qu'elles renfermassent exactement le même poids d'azote.

En 1868 on commença les expériences dans lesquelles furent employés 180 kil. de sels ammoniacaux à l'hectare, 247k,5 de nitrate de soude, mélangés l'un et l'autre aux mêmes engrais minéraux. Le tableau VII donne les résultats obtenus pendant les trois saisons 1868, 1869, 1870.

TABLEAU VII. — EFFETS QU'EXERCENT SUR LA CULTURE DE L'ORGE DES POIDS ÉGAUX D'AZOTE APPLIQUÉS SOUS FORME DE SELS AMMONIACAUX OU DE NITRATE DE SOUDE.

ANNÉES des EXPÉRIENCES.	GRAIN en hectolitres de 65 kilog.		PAILLE.		PRODUIT TOTAL grain et paille.	
	Sels ammoniacaux et engrais minéraux.	Nitrate de soude et engrais minéraux.	Sels ammoniacaux et engrais minéraux.	Nitrate de soude et engrais minéraux.	Sels ammoniacaux et engrais minéraux.	Nitrate de soude et engrais minéraux.
	hectol.	hectol.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.
1868......	33.3	44.1	2500	3268	4828	7118
1869.......	48.6	48.6	4425	4787	9605	9066
1870.......	36.9	43.2	2350	2306	4812	5275
MOYENNE.	39.6	45.3	3091	3440	6515	7153

Il y a donc eu une récolte plus abondante et particulièrement en grains sous l'influence du nitrate que sous celle des sels ammoniacaux pendant les deux années sèches de 1868 et de 1870.

Le tableau VIII donne le produit obtenu quand l'orge a été cultivée sans engrais avec des engrais minéraux et 180 kil. de sels ammoniacaux par hectare en 1868 et en 1870, les deux dernières années de

grande sécheresse que nous comparons à la moyenne obtenue pendant les dix-huit dernières années; nous avons placé en outre la quantité de pluie tombée à Rothamsted pendant les mois d'avril, de mai, de juin et de juillet de ces deux années et en moyenne pendant les dix-neuf années qu'ont duré les expériences.

TABLEAU VIII.

ANNÉES des EXPÉRIENCES.	GRAINS (en hectolitres).				PRODUIT TOTAL GRAIN ET PAILLE (en kilogrammes).				PLUIE A ROTHAMSTED (en centimètres).				
	Sans engrais.	Fumier de ferme.	Engrais minéraux et sels ammoniacaux.	Moyenne.	Sans engrais.	Fumier de ferme.	Engrais minéraux et sels ammoniacaux.	Moyenne.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Total.
1868	9.9	42.3	33.3	28.3	2150	6924	4828	4634	5.47	1.82	0.76	0.76	8.81
1870	11.7	46.8	36.9	31.7	1668	5542	5012	2740	1.15	3.37	2.45	2.80	9.77
Moyenne pendant 19 ans, 1852-1870	18.0	45.0	43.2	32.7	2757	6666	7591	5672	4.55	5.90	6.07	5.90	22.42

Comme il y a eu une diminution dans le produit tiré de la parcelle sans engrais pendant la seconde moitié des expériences, par suite de l'épuisement que le sol a subi, la différence qu'on constate entre le rendement pendant les deux années sèches et la moyenne est un peu plus forte que celle qui résulterait d'une comparaison établie seulement entre les rendements de ces deux années et celles des quatre dernières années, de telle sorte que l'influence de la sécheresse est un peu exagérée.

D'un autre côté, le produit de la récolte tirée de la parcelle qui a reçu le fumier de ferme a considérablement augmenté pendant les neuf dernières années et par suite la comparaison entre les rendements de ces parcelles et celui de la moyenne est un peu au-dessous de ce qu'il aurait été si on n'eût tenu compte que des dernières années, et de ce chef l'influence de la sécheresse est diminuée. Au contraire la parcelle qui a reçu les engrais minéraux et les sels ammoniacaux a sensiblement présenté le même rendement pendant

toute la durée des expériences et c'est en comparant les récoltes de 1870 et de 1868 à la moyenne qu'on juge le plus nettement de l'influence de la sécheresse. Or, nous voyons qu'en 1868 nous avons eu 10 hectolitres de moins que la moyenne et en 1870 : 7$^{\text{hect.}}$,7 ; quant au produit total il a été en 1868 de 2760 kilos, et en 1870 de 2759 kilos inférieur à la moyenne. Il n'y a pas de grande différence dans la quantité de pluie totale tombée en 1868 et en 1870, mais la répartition a été très-différente, une grande partie de l'eau totale a été recueillie en 1868 pendant le mois d'avril, et les autres mois ont été très-secs, tandis qu'en 1870 au contraire la sécheresse a été excessive en avril, mais la pluie bien que peu abondante n'a pas fait défaut complétement pendant les mois de mai, de juin et de juillet ; le résultat de cette répartition différente de la pluie pendant les deux saisons, fut qu'en 1868 le déficit a surtout porté sur les grains et en 1870 sur la paille.

Pour mieux saisir dans son ensemble les causes qui ont déterminé la diminution des récoltes pendant la sécheresse, on a non-seulement étudié son influence sur les rendements, on a de plus voulu comparer les quantités d'eau contenues dans le sol qui avait porté l'orge à celles qui existaient dans la terre restée en jachère ; pour y réussir, on préleva des échantillons ainsi qu'il a été dit précédemment à l'aide des cadres de fer de 22c,5 de hauteur ; le tableau suivant donne les quantités d'eau trouvées y compris celle qui a été évaporée pendant la préparation par une faible dessiccation à 16°.

TABLEAU IX. — QUANTITÉS D'EAU TROUVÉES DANS 100 PARTIES DE LA TERRE DES PARCELLES EN JACHÈRE ET EMBLAVÉES EN ORGE.

Les échantillons ont été recueillis le 27 et le 28 juin 1870.

PROFONDEUR DES ÉCHANTILLONS (en centimètres).	TERRE en jachère.	TERRE en orge.	DIFFÉRENCE.
Première couche, de 22.5	20.36	11.91	8.45
Deuxième couche, de 22.5	29.53	19.32	10.21
Troisième couche, de 22.5	34.84	22.83	12.01
Quatrième couche, de 22..5	31.32	22.09	9.23
Cinquième couche, de 22.5	31.31	26.98	4.33
Sixième couche, de 22.5	33.55	26.38	7.17
MOYENNE	30.65	22.09	8.56

Avant de commenter ces résultats, il convient de rappeler que dix jours avant la prise d'échantillons, environ 16 millimètres d'eau

étaient tombés, et que deux jours seulement avant cette prise d'échantillons il était tombé à peu près 8 millimètres d'eau, ce qui explique la quantité d'eau notable trouvée à la surface à un moment où la sécheresse était générale. De plus, pendant les quelques jours qui suivirent la grande pluie, une certaine quantité de terre provenant de fouilles voisines séjourna à la place où les échantillons de la terre en jachère furent pris, la dessication fut ainsi retardée et cette circonstance peut ajouter à la différence trouvée à la surface entre le sol sans engrais et la parcelle couverte d'orge.

Les différences constatées entre les quantités d'eau retenues aux diverses profondeurs examinées sont étonnantes, et elles sont plus grandes dans les couches supérieures du sol qui ont particulièrement servi à l'alimentation de la récolte qu'on n'aurait pu s'y attendre. La quantité d'eau contenue dans le sous-sol de la terre emblavée était très-élevée, moindre cependant que celle qui fut trouvée aux profondeurs correspondantes dans le champ de blé en janvier 1869, quand on supposait le sol saturé; en revanche l'eau était non-seulement plus abondante dans la partie en jachère que dans la partie cultivée, mais plus abondante aussi que dans le sol du champ de blé au moment où il était saturé.

TABLEAU X. — TONNES D'EAU PAR HECTARE JUSQU'A LA PROFONDEUR DE $1^m.350$ DANS LA TERRE LAISSÉE EN JACHÈRE ET DANS LA TERRE EMBLAVÉE EN ORGE.

Échantillons recueillis les 27 et 28 juin 1870.

	EAU PAR HECTARE.		
	TERRE en jachère.	TERRE en orge.	DIFFÉRENCE.
D'après les poids trouvés pour les échantillons..............................	7.246	4.897	2.319
D'après les poids calculés pour les échantillons..............................	6.496	4.455	2.041
MOYENNE......................	6.856	4.676	22.25

Le tableau ci-dessus donne le nombre de tonnes d'eau par hectare retenues à une profondeur totale de 1^m 350 par la terre emblavée et la terre en jachère, et les différences entre les deux. On a calculé les chiffres supérieurs d'après les poids trouvés pour les sols dé-

pouillés de pierres au moment de l'expérience, et les seconds en supposant que le sol qui a porté l'orge pesait 20 millions de kil. à l'hectare jusqu'à une profondeur de 1^{m} 35 et le sol de la parcelle en jachère 21 millions de kilos.

Quel que soit le mode de calculer, on peut conclure que la partie non emblavée renferme par hectare plus de 2000 tonnes en excès sur celle qui était couverte d'orge. Sans doute une partie de cet excès est due peut-être à ce que le sol en jachère a été préservé de l'évaporation de la surface pendant quelques jours par le dépôt de terre qu'on y avait malheureusement jeté, mais en faisant abstraction de cette petite irrégularité il n'en résulte pas moins que nous sommes obligés d'admettre que la récolte a évaporé plus de 300 parties d'eau pour former une partie de matière sèche, car il est certain qu'au moment de l'expérience la récolte ne pesait pas plus de 5000 kilos par hectare, ce qui n'occasionnerait qu'une évaporation de 1500 tonnes par hectare, tandis que la différence est de plus de 2000. En outre comme les quantités d'eau contenues dans les deux sols étaient d'autant plus grandes que les couches examinées étaient prises à une plus grande profondeur, on peut affirmer que ces différences existaient encore dans les couches situées plus profondément.

En résumé, ces expériences montrent à quelle énorme réserve peuvent puiser nos plantes cultivées pour lutter contre la sécheresse. En même temps elles font voir combien ces résultats sont liés aux caractères du sol et du sous-sol sur lesquels se développe la récolte.

RÉSUMÉ ET OBSERVATIONS GÉNÉRALES.

En laissant maintenant les détails de côté, il peut être digne d'intérêt de résumer les résultats montrant la différence d'effet de la sécheresse de l'année 1870 sur les différentes récoltes et aussi de comparer la quantité d'eau retenue par les sols et les sous-sols des différentes parcelles d'après les conditions diverses qu'ont présentées les saisons, les engrais et les façons données.

Le tableau XI donne la production moyenne de foin, de blé et d'orge, déterminée par certains engrais et à côté le produit de 1870.

Pour le foin, la moyenne sur laquelle est basée la comparaison ne repose que sur les récoltes de 15 ans, mais c'est sur l'ensemble des récoltes de 19 ans que sont calculées les moyennes données

pour l'orge et le blé. Pour simplifier les comparaisons le produit est donné pour les trois récoltes en kilogrammes, et les nombres relatifs à l'orge et à l'avoine donnent le produit total, blé et paille ensemble.

TABLEAU XI. — PRODUIT EN FOIN, EN BLÉ ET EN ORGE, EN 1870, COMPARÉ AUX PRODUCTIONS MOYENNES.

	FOIN 15 ans.	PRODUCTION TOTALE grain et paille.	
		BLÉ 19 ans.	ORGE 19 ans.
SANS ENGRAIS.			
	kilog.	kilog.	kilog.
Produit moyen par hectare et par an....	2677	2685	2747
Produit en 1870......................	721	2242	1667
Différence pour 1870..........	1956	443	1080
AVEC ENGRAIS DE FERME.			
Produit moyen par hectare et par an.....	5156	6937	6558
Produit en 1870......................	1742	5703	5542
Différence pour 1870..........	3414	1234	1016
AVEC ENGRAIS MINÉRAUX ET SELS AMMONIACAUX.			
Produit moyen par hectare et par an.....	6489	7019	6481
Produit en 1870......................	3702	6535	4701
Différence pour 1870..........	2787	483	1780

Il est remarquable que malgré les grandes variations dans les quantités de produit de chacune des trois récoltes d'une année à l'autre et même dans la même année, le produit obtenu sans engrais en orge, en blé et en foin soit le même quand on prend la moyenne d'un grand nombre de récoltes. Il est bon de remarquer cependant qu'on n'a jamais compté la seconde coupe de foin, elle est ou bien mangée sur place par les moutons qui ne reçoivent pas d'autre nourriture, ou bien coupée et laissée sur le sol comme en-

grais. La perte occasionnée par la sécheresse de 1870 est de 1956 kilos de foin, 1080 kilos d'orge (grain et paille), et seulement de 443 kilos de blé. Ainsi le déficit pour la prairie a été considérable, il s'est élevé à près des trois quarts de la récolte; il n'est monté qu'à deux cinquièmes pour l'orge et seulement à un sixième pour le blé.

Le fumier de ferme fut seulement appliqué sur la prairie pendant les huit premières années sur les quinze que dura l'expérience, mais comme la moyenne de la production fut aussi grande pendant les six années que la prairie resta sans engrais que pendant les huit récoltes précédentes, qu'enfin la récolte la plus abondante fut celle de 1869, on peut sans crainte d'erreur attribuer le déficit de 1870 à la sécheresse plutôt qu'à l'absence d'engrais. Les nombres précédents font voir que pour cette parcelle, comme pour celle qui était restée constamment sans être fumée, le déficit est plus considérable que pour le blé ou l'orge, le foin recueilli n'était en effet que le tiers de celui qu'on obtient en moyenne. L'orge et le blé ont donné à peu près le même produit total pendant les 19 ans qu'a duré l'expérience, et le déficit constaté en 1870 est aussi à peu près le même pour le blé semé en automne ou pour l'orge semé au printemps, dans les deux cas la récolte est environ un sixième inférieure à la moyenne. Si nous établissons la comparaison avec la parcelle sans engrais, nous trouvons que le déficit est plus grand pour le blé, mais sensiblement le même pour l'orge. La facilité avec laquelle un sol fumé conserve l'eau a eu sans doute une grande influence sur les résultats relativement avantageux obtenus sur ces deux parcelles pendant cette année de sécheresse.

Avec les engrais artificiels (448 kilog. de sels ammoniacaux par hectare pour la prairie et pour le blé et 224 seulement pour l'orge) onn'a pas obtenu les mêmes résultats pour les trois parcelles, le blé ayant donné environ 500 kilog. de produit de plus que la prairie, et l'orge une récolte égale à celle du foin avec une quantité d'azote moitié moindre. Le déficit en 1870 est, pour le foin, d'environ deux cinquièmes; pour l'orge, d'environ un quart; mais il ne s'élève pas à plus d'un quinzième pour le blé.

Ainsi, pour une sécheresse qui s'est maintenue pendant les mois d'avril, de mai, de juin et de juillet, la prairie ayant reçu les engrais désignés plus haut souffre beaucoup plus que le blé ou l'orge, et l'orge de printemps, sans engrais ou amendé avec les sels ammoniacaux,



présente un déficit supérieur à celui du blé d'automne. Avec l'engrais de ferme, cependant, l'orge semble n'avoir pas plus souffert du manque de pluie, pendant la période de végétation, que le blé. Quant aux conditions qui influent sur la perte plus ou moins forte que subit la prairie amendée avec divers engrais, nous y reviendrons rapidement.

Il y a de grandes différences dans les conditions de végétation d'une plante annuelle comme le blé et l'orge et des végétaux bisannuels ou même vivaces comme ceux qui couvrent la prairie. Cette plus longue existence des plantes qui la forment semble, au premier abord, leur donner un grand avantage sur les céréales. Mais l'observation montre que bien que les racines des graminées prennent possession des couches superficielles du sol plus complétement que celles de l'orge et du blé, il en est peu qui s'enfoncent profondément comme le font celles des céréales. Un examen soigné a fait voir que le blé d'hiver enlace de ses racines une plus grande masse de terre et, par suite, est plus capable de profiter de l'humidité et des substances solubles qu'il renferme que l'orge de printemps. Le blé a encore l'avantage de produire des racines, en plus ou moins grande abondance suivant la saison et la nature des engrais, pendant les mois d'hiver, à un moment où la terre est saturée d'humidité, et, par suite, quand il se développe sur un sol incapable de retenir l'humidité ou bien drainé, il est plus apte à surmonter l'absence de pluie pendant la période de végétation qu'une culture de printemps, comme l'orge.

Mais il existe, en outre, plusieurs autres causes de distinction entre la culture de l'orge ou du blé et celle des graminées de la prairie : bien que beaucoup de celles-ci fleurissent plus tôt que celles-là, la prairie est fauchée vers la fin de juin, quand les graminées sont arrivées au degré de maturité qu'atteignent les céréales au moment de la moisson. Or, les expériences exécutées à Rothamsted ont montré que, peut-être, la moitié de la quantité de carbone contenue dans le froment est fixée sous l'influence des rayons du soleil après que la récolte des graminées est déjà faite.

Ces observations sont de nature à faire comprendre, et cela résulte des faits recueillis à Rothamsted, comment les récoltes de céréales sont moins directement influencées par la quantité d'eau qu'elles reçoivent pendant leur croissance que l'herbe de la prairie, mais comment elles le sont plus qu'elle par l'élévation de la température

qui règne pendant cette période. C'est ce qu'il est particulièrement facile d'observer quand le sol a reçu des engrais minéraux solubles ou des substances azotées directement assimilables, il n'en est plus complétement de même quand la récolte a dû se développer sans engrais ou sous l'influence du fumier de ferme. Sans engrais la récolte est plus influencée par les matières fertilisantes qu'apporte la pluie ou qu'elle extrait de la terre elle-même, et il semble que lorsque c'est le fumier de ferme qui est répandu sur le sol, une grande quantité de pluie soit nécessaire pour aider sa décomposition, dissoudre et rendre assimilables les principes qu'il renferme.

Enfin, rappelons, en terminant, que le blé qui a le temps, pendant l'hiver, de former et de développer ses racines; qui a, de plus, tendance à les enfoncer dans les couches inférieures au lieu de les laisser dans les couches supérieures comme l'orge de printemps, est moins atteint par le manque de pluie pendant la période active de la végétation.

Le tableau XII résume la quantité d'eau retenue dans 100 parties des sols et sous-sols des différents champs en expérience, dans des conditions variées de saison, de récolte, etc. Les résultats ainsi résumés s'appliquent aux échantillons récoltés comme suit :

Tableau XII. — Quantités d'eau contenues dans 100 parties des sols et sous-sols de différents champs, dans différentes conditions d'humidité, de fumure, de récolte, etc.

PROFONDEUR des ÉCHANTILLONS.	CHAMP DE BLÉ.		BARN FIELD. Échantillons recueillis les 27-28 juin 1870.		PRAIRIE. Échantillons recueillis les 25 et 26 juillet 1870. Moyenne des parcelles 3, 9 et 14.
	Échantillons recueillis en juillet 1868. Moyenne des parcelles 3, 2 et 8a.	Échantillons recueillis les 6 et 7 janvier 1869. Moyenne des parcelles 3, 2 et 8a.	Terre en jachère.	Terre emblavée en orge.	
Premiers, 22cent.5	6.23	27.17	20.36	11.91	11.99
Seconds, 22.5	11.19	22.70	29.53	19.32	11.77
Troisièmes, 22.5	15.02	25.27	36.84	22.83	17.11
Quatrièmes, 22.5	16.13	25.65	34.32	25.09	19.32
Moyenne, 90 cent.	12.14	25.19	29.76	19.79	15.05
Cinquièmes, 22.5	»	»	31.31	26.98	20.67
Sixièmes, 22.5	»	»	33.55	26.38	21.49
Moyenne, 1m.35	»	»	30.65	22.09	17.06

1° Échantillon du champ de blé, avant la moisson de 1868 : moyenne de trois parcelles diversement fumées;

2° Échantillon du même champ de blé, en janvier 1869, quand le sol était supposé saturé : moyenne de trois parcelles diversement fumées;

3° Échantillon de la terre en jachère, recueilli vers la fin de juin 1870;

4° Échantillon de la terre emblavée en orge, située à côté du champ précédent, recueilli à la même date, fin de juin 1870;

5° Échantillon pris dans la prairie, en juillet 1870, après que le foin eut été récolté : moyenne de trois parcelles diversement fumées.

Nous avons déjà examiné plus haut le détail de ces observations et nous devons ici résumer seulement ce qu'elles ont de général.

Il est à remarquer d'abord que les trois champs en expérience ont un sous-sol d'argile jaune rougeâtre reposant sur la craie à des distances variables mais jamais très-éloignées de la surface; ils possèdent ainsi un bon drainage naturel, et il est très-rare que de l'eau séjourne dans les sillons, et quand cela a lieu, elle n'y reste que pendant quelques heures. Le champ de blé est cependant drainé à une profondeur de $77^{c},5$ et à une distance d'environ de $7^{m},5$ de drains en drains.

Il est intéressant de remarquer qu'il n'y a guère de différences dans la quantité d'eau retenue à des profondeurs semblables dans le champ de blé en juillet 1868 au moment où la moisson arrivait à maturité et dans la prairie après que la récolte était terminée. La quantité est cependant un peu plus faible dans la terre drainée, qui avait aussi probablement donné une plus grande masse de produits.

Vers la fin de juin 1870, la terre arable non drainée, qui avait porté une récolte d'orge représentant peut-être de quatre à cinq tonnes de matière sèche à l'hectare, ne retenait guère que la même quantité d'eau près de la surface que la prairie en juillet 1870; mais à une profondeur plus considérable elle en retenait plus que n'en avait la terre drainée en juillet 1868 ou la prairie non drainée en juillet 1870.

En résumé, on peut déduire des nombres inscrits au tableau XII que malgré le drainage naturel par la craie, le drainage au moyen des tuyaux a contribué à diminuer la quantité d'eau contenue dans le sous-sol du champ de blé à la profondeur examinée; qu'en outre

sous l'influence du drainage artificiel, l'argile est devenue plus perméable aux racines et l'humidité qu'elle renfermait s'est trouvée plus promptement à la disposition des plantes; d'où l'on peut conclure que pour que les plantes pussent trouver dans le sous-sol la quantité d'eau nécessaire à leurs besoins en temps de sécheresse, il faut que le sol présente une épaisseur suffisante et qu'il ait la puissance de la retenir dans une certaine mesure tout en étant cependant suffisamment perméable.

Avant de terminer il est bon d'appeler l'attention sur une conséquence importante des résultats obtenus. Nous avons vu qu'une bonne récolte de foin, de blé ou d'orge exhale au moins 1750 tonnes à l'hectare pendant la durée de la végétation, ce qui nous donnera à peu près $17^c,5$ d'eau, sur les $62^c,5$ qui tombent en moyenne chaque année; en supposant que la quantité retenue par le sol reste constante d'une année à l'autre, il reste pour l'évaporation du sol et pour le passage au travers des drains ou dans le sous-sol en dehors de l'action des racines une hauteur de 45 centimètres de pluie équivalant à 4500 tonnes d'eau par hectare.

Quelle est la fraction de cette grande quantité d'eau qui est perdue par l'évaporation de la surface du sol lui-même, remontant par capillarité des couches profondes du sous-sol aux couches supérieures et entraînant avec elle les matières utiles aux plantes? ou encore quelle est la fraction qui traverse en entraînant avec elle les matières solubles que le pouvoir absorbant du sol et des couches supérieures du sous-sol ne peuvent retenir?

On ne saurait répondre à ces questions pour un sol ou une saison déterminée, et probablement la réponse varierait avec le sol et la saison examinée. Ainsi que nous l'avons dit déjà, des expériences sont en cours d'exécution à Rothamsted pour étudier ce point important. Quant aux résultats déjà obtenus, nous rappellerons que du 1er septembre au 31 décembre 1870, c'est-à-dire à la suite de la sécheresse extraordinaire de l'été précédent, on trouva que sur une quantité de pluie totale de 26 centimètres d'eau tombés pendant cette période, environ 50 pour 100 ont passé jusqu'à une profondeur de 50 centimètres, environ 40 pour 100 atteignirent un mètre et environ 10 pour 100 allèrent jusqu'à $1^m,50$ de la surface. Le calcul prouve en outre que quand bien même, il y aurait eu déjà une certaine accumulation d'eau pendant le mois d'août, une grande partie de l'eau non écoulée avait été employée à ramener le sol de l'état

de sécheresse extraordinaire où il se trouvait, à l'état de saturation où il est souvent pendant l'hiver. On peut conclure de ces observations qu'une très-faible quantité d'eau a été évaporée directement par la surface du sol, ce qui n'est pas étonnant à cette époque de l'année. Une quantité beaucoup plus grande s'évapore sans doute pendant l'année entière, mais les quantités varient probablement beaucoup avec les caractères du sol et de la saison.

Vers la fin du siècle dernier Dalton (1) disposa un appareil propre à déterminer quelle était, sur une quantité totale d'eau tombée, celle qui traversait le sol et celle qui disparaissait par évaporation. Cet appareil consistait essentiellement en un cylindre de $0^m,25$ de diamètre et de $0^m,90$ de profondeur, ouvert à la partie supérieure et fermé en bas, mais portant deux petits tubes abducteurs l'un vers l'ouverture supérieure, l'autre au fond pour conduire l'eau dans des flacons disposés pour les recevoir. Le vase fut rempli de terre et enfoncé dans un trou disposé de telle sorte qu'on pouvait avoir accès aux flacons. Les expériences furent continuées pendant trois ans, 1796, 1797, 1798, et on trouva en moyenne que le drainage pendant cette période entraîne 25 pour 100 de l'eau tombée et l'évaporation 75 pour 100. Celle-ci se produisait non-seulement par la surface du sol, mais aussi par les plantes qui le couvraient, car dès la première année la terre se couvrit de gazon, circonstance à laquelle le docteur Dalton n'attribue au reste aucune importance.

Pendant huit ans, de 1836 à 1843, M. Dickinson à Abbott's Hill, King's Langley, Heits (2) fit une seconde série d'expériences en employant l'appareil de Dalton légèrement modifié, on sema de l'herbe sur la surface du sol. M. Dickinson trouva que le drainage entraînait plus d'eau que ne l'avait trouvé Dalton; la moyenne des résultats obtenus pendant ces huit années d'expériences fut que le drainage entraînait 42,5 0/0 de l'eau tombée et l'évaporation du sol et des plantes 57,5 0/0 de l'eau tombée.

D'après les résultats obtenus à Rothamsted on pourrait conclure qu'une quantité encore supérieure à celle qui a été trouvée par MM. Dickinson et Dalton s'échappe par l'évaporation (3).

(1) *Mem. Lit. Phil. Soc. of Manchester*, vol. V, partie II.

(2) *Journal of the royal agricultural Society*, vol. V.

(3) Plusieurs autres expérimentateurs se sont occupés encore de cette question. M. Maurice expérimenta à Genève de 1796 à 1797, et chercha à mesurer l'évaporation du sol au moyen d'un cylindre de fer rempli de terre, dont il déterminait chaque jour les

En résumé, il semble, à défaut d'observations tout à fait précises, qu'on peut admettre que les trois quarts d'une pluie totale de 62[cent],5 sont évaporés par l'action combinée du sol et des plantes qui le couvrent. Dans cette supposition il ne resterait plus que 15 centimètres de pluie équivalant à 1500 tonnes d'eau par hectare passant au travers du sol et entraînant avec elle une proportion plus ou moins forte de matières fertilisantes.

Heureusement, quelques-uns des principes les plus importants des engrais sont retenus par le sol dans les couches où plongent les racines, mais d'autres sont entraînés facilement, et ainsi que l'ont reconnu MM. Frankland et Voelker par l'analyse des eaux de drainage de Rothamsted, il suffit que 2,5 parties d'azote soient entraînées hors de la portée des racines pour 100 000 parties d'eau traversant le sol, ce qui aura lieu pour chaque 2[cent.],5 d'eau de pluie tombée passant au travers, pour qu'il y ait par hectare une perte de 5 à 6 kilos de l'azote donné comme engrais, à un prix qui n'est pas inférieur à 3 fr. par kilog. (1).

Ces considérations sont suffisantes pour faire comprendre l'intérêt qu'il y aura à déterminer les réactions qu'exercent les différents sols sur les engrais azotés, ainsi que les modes d'application, les périodes d'épandage qui permettront de réduire au minimum les pertes habituelles par le drainage.

changements de poids. Les résultats indiquent que l'évaporation s'élève à 61 pour 100 de la quantité d'eau totale tombée qui serait environ de 65 cent. par an. (*Bibl. brit. de Genève :* sciences et arts.) M. de Gasparin expérimenta à peu près de la même façon à Orange, dans le sud de la France, et trouva que l'évaporation fut d'environ 80 pour 100 de la pluie tombée qui s'éleva à environ à 70 cent. (*Cours d'agriculture*, t. II, p. 116.) M. Risler, enfin, à Calèves près Nyons, en Suisse, recueillit l'eau s'échappant de drains placés à 1[m]20 de profondeur dans un sol très-compacte et très-imperméable, il estima l'évaporation à environ 70 pour 100 de la pluie tombée en 1867 et 1868, et qui s'élève à environ 1[m]025 par an; la terre était cultivée pendant les expériences, de telle sorte que la quantité d'eau indiquée comprend celle qui a été évaporée par les végétaux. (*Archives des sciences de la Bibliothèque universelle*, septembre 1869.)

(1) Voyez *Annales agronomiques*, page 25.

LES MALADIES DES ARBRES FORESTIERS

PAR

M. R. HARTIG (1)

(SUITE)

Trametes Pini Fr.

Malgré son extrême importance, la pourriture du bois n'a jamais été l'objet d'une étude approfondie. Dans la pratique on distingue deux espèces de pourriture : la pourriture rousse, caractérisée par sa coloration foncée, et la pourriture blanche, dans laquelle prédomine au contraire la couleur blanche; suivant le siége de l'altération on distingue la pourriture du cœur, des branches, de la souche, du tronc, etc.

Toutes ces dénominations ne sont que des noms collectifs et embrassent en partie des maladies très-diverses. M. Willkomm, dans son travail sur les pourritures rousse et blanche commet la faute énorme d'étendre les observations qu'il a faites sur le *Picea* à beaucoup d'autres essences, en généralisant avant d'en avoir acquis le droit par des recherches plus étendues.

La pourriture rousse du pin ne présente pas la moindre ressemblance avec celle de l'épicéa.

Th. Hartig est le seul qui ait soumis jusqu'à ce jour cette maladie à un examen scientifique, dans son *Traité de la transformation de la cellule polycotylédonée en champignons, et de la pourriture du bois qui en est la conséquence* (2).

En se remettant au point de vue de cette époque, on doit reconnaître à Th. Hartig le mérite de montrer d'abord le rôle prédominant des champignons dans cette maladie.

La pourriture rousse du pin résulte de la végétation du mycélium du *Trametes Pini* dans le cœur du bois.

(1) Voyez *Annales agronomiques*, page 298.

(2) *Abhandlung über die Verwandlung der polycotyledonischen Pflanzenzelle in Pilz und Schwammgebilde und der daraus hervorgehenden sogenannten Fäulniss des Holzes*. Berlin, Lüderitz, 1833.

Le mycélium du Trametes Pini.

Le mycélium du *Trametes Pini* est aussi variable de forme et de couleur, que celui de l'*Agaricus melleus.* Tantôt il revêt la forme de filaments isolés, bruns ou incolores, logés au milieu des fibres ligneuses; tantôt il consiste en masses feutrées ou membraneuses, dont la forme varie avec celle des cavités que présente le bois. Il est alors ordinairement brun de rouille, quelquefois blanc. Tant que les hyphas (on désigne ainsi les filaments du mycélium des champignons) renferment du liquide, on ne distingue pas le double contour des membranes, mais il est très-visible quand les hyphas sont vides. Les hyphas ont en général une épaisseur de 3 microm. (3 milliémes de millimètres); elles donnent bientôt naissance à des rameaux dont le diamètre ne dépasse guère 1 microm. Tous ces filaments percent facilement les parois des fibres ligneuses; ce n'est que rarement qu'ils profitent des ponctuations pour y pénétrer. Les hyphas les plus volumineuses portent souvent des rameaux très-courts qui percent les parois sans pousser plus avant dans les cellules voisines.

A un certain âge, ou à la suite de la décomposition des fibres ligneuses, les hyphas les plus volumineuses se colorent en brun; il est impossible jusqu'à ce jour de préciser l'âge auquel elles peuvent arriver.

Les nombreux trous qu'on observe dans les parois des fibres ligneuses du bois pourri semblent indiquer que les hyphas se résorbent et disparaissent au bout d'un certain temps. D'autres, plus jeunes, se montrent, de sorte qu'on trouve réunies dans une même particule de bois de jeunes hyphas incolores, des hyphas plus âgées, brunes, et que les trous vides indiquent que d'autres hyphas encore plus âgées ont déjà disparu.

Les filaments blancs renferment un nombre plus considérable de granules et correspondent exactement aux filaments du *Nyctomyces candidus* figurés par M. Willkomm. Souvent on observe la réunion de plusieurs de ces filaments en faisceaux plus larges, et quand le développement peut se produire librement dans les cavités du tronc, le mycélium forme soit de minces membranes d'un tissu

lâchement feutré, soit des masses plus compactes de dimensions considérables.

Le bois, en pourrissant et en se desséchant, se contracte souvent, et il se produit ainsi des fentes dirigées suivant les rayons médullaires; plus souvent encore le noyau central se sépare du cylindre extérieur, et l'espace compris entre ces deux parties se remplit d'un tissu brun (xylostroma). Ce sont des lunures rousses.

Au-dessous des fructifications qui sortent d'un chicot non recouvert de bourrelets cicatriciels, il se forme, en vertu de l'accroissement en épaisseur du tronc, une cavité qui se remplit de tissus mycéliens. Sous les vieilles fructifications on trouve souvent la branche complétement détruite par le parasite; dans ces conditions, le bois exposé à l'humidité d'une cave, par exemple, recouvre ses sections d'une couche de mycélium de l'épaisseur d'un doigt.

M. Caspary croit avoir vu des fructifications de *Trametes Pini* se développer sur un *Rhizomorpha*. C'est évidemment une erreur produite par un Pin infesté en même temps par le *Trametes* et le mycélium de l'*Agaricus melleus*.

Les fructifications du Trametes Pini.

Comme l'aubier du bois est toujours sain et exempt de champignons, le mycélium ne peut arriver au dehors que par les chicots non recouverts de bourrelets; c'est là en effet que se forment les fructifications; de là, il s'étend entre les écailles de l'écorce, qui sont quelquefois tellement pénétrées par le tissu du champignon qu'on les croirait entièrement transformées en ce tissu.

La partie de la jeune fructification qui apparaît librement entre les écailles de l'écorce possède d'abord une coloration jaune d'ocre clair et une surface uniformément veloutée. Parmi les hyphas qui viennent se terminer à la surface, la plupart présentent un article terminal cylindrique, arrondi à son extrémité, qui est susceptible d'un allongement apical, quand l'atmosphère reste longtemps humide. D'autres, mélangées avec les premières, se terminent par des crochets de forme particulière, qui se forment par un épaississement inégal de la paroi cellulaire (réduit à une bande étroite), tandis que la paroi primaire se résorbe. Quelquefois les hyphas se terminent en pointe ou portent à leurs extrémités des espèces de

spores ou des cellules cylindriques allongées, insérées sur des pédoncules très-ténus, filiformes. Lorsque l'accroissement recommence après une période de repos, les extrémités des hyphas s'allongent de différentes manières; l'allongement apical commence aussitôt dans les hyphas de forme ordinaire, ou bien la pointe, surtout celle des crochets, casse, et la cellule interne se transforme en une nouvelle hypha très-délicate. On ignore si la chute de ces pointes s'opère spontanément par la pression intérieure, ou s'il faut une intervention mécanique étrangère.

A l'exception d'un rebord plus ou moins large et saillant, la surface de la jeune fructification se creuse de petites fossettes, premiers indices des canaux. Deux modes de formation ont été observés : tantôt les hyphas normales à la surface s'écartent latéralement et circonscrivent un trou conique en forme d'entonnoir, tantôt l'accroissement apical s'arrête sur différents points, tandis que les hyphas voisines continuent à s'allonger et dessinent les parois des canaux. Ceux-ci conservent partout la même largeur; ils s'allongent par l'accroissement des hyphas des parois et ils suivent la direction verticale, à peu d'exceptions près, de sorte que leurs embouchures sont très-elliptiques sur la jeune fructification. En même temps, toute la masse augmente de volume par l'accroissement *périodique* du rebord qui entoure l'hyménium.

A la partie supérieure de l'hyménium, ce rebord ou bourrelet est bien plus fort que partout ailleurs et se distingue par la direction de ses hyphas. Toute la fructification a la forme d'une console dont la face supérieure stérile est formée par des hyphas rayonnantes et horizontales, et dont la face inférieure est presque entièrement occupée par l'hyménium; la face dorsale appliquée sur l'écorce de l'arbre est formée par une moelle très-faible. Les hyphas horizontales de la face supérieure, arrivées au bord, se recourbent, les supérieures vers le haut, les inférieures vers le bas; celles du milieu continuent la direction horizontale. La coloration jaune clair disparaît pour faire place à une teinte plus foncée, brune. L'éclat velouté de la face stérile se trouble aussi par la destruction des extrémités des hyphas. Par suite de l'accroissement périodique il s'y dessine des zones qui sont coupées par des fissures radiales.

La partie inférieure du rebord sert à l'extension de l'hyménium : non loin de l'extrémité, on voit se creuser de nouvelles fossettes qui se transforment en autant de canaux.

Quand on enlève une fructification, il s'en forme généralement plusieurs autres à la même place, grâce à la vitalité très-active des fragments qui sont restés sur l'arbre.

On a constaté que ces fructifications peuvent atteindre l'âge de cinquante à soixante ans. Enfin l'accroissement s'arrête, l'hyménium s'altère et devient rude au toucher; tout le champignon se dessèche et se divise en fragments.

Très-souvent, on observe une régénération sur des chapeaux en partie mortifiés; les canaux donnent alors naissance à de nouvelles fructifications par suite de l'accroissement des mêmes hyphas.

Sur les vieilles fructifications on remarque toujours que les canaux ne sont pas ouverts sur toute leur longueur, mais qu'ils se bouchent par une masse particulière; près de l'embouchure des canaux, où l'accroissement périodique se fait reconnaître par des zones colorées, les hyphas ne donnent pas encore naissance à des basides ou à des poils. Plus profondément, peut-être après plusieurs années, on voit apparaître des basides en forme de massues dont un nombre relativement très-restreint donne naissance à quatre stérigmes très-allongés qui portent les spores ovales arrondies. Beaucoup de basides paraissent rester stériles. Les basides sont longuement dépassés par de singuliers poils déjà visibles à l'œil nu, et qui terminent de fortes hyphas qui se rapprochent d'abord obliquement de la couche hyméniale. Ces poils d'abord incolores, brunissent plus tard; ils ont la forme d'alènes, quelquefois terminées par deux pointes.

Lorsque la croissance reprend en août ou en septembre, de nouveaux basides et de nouveaux poils traversent l'ancienne couche hyméniale; au mois de septembre, on trouve à côté des anciens poils les nouveaux dans tous les états de développement. Les hyphas qui s'insinuent entre les basides et qui en développent de nouveaux, acquièrent souvent une longueur démesurée; quelquefois elles ne peuvent plus développer de basides, mais se terminent par des spores arrondies de taille variable, ou se ramifient et prennent en général différentes formes anormales qui pourraient bien appartenir parfois à d'autres champignons pénétrés dans les canaux. Bientôt les canaux se remplissent d'une masse composée d'hyphas enchevêtrées les unes dans les autres.

Les spores qui naissent au nombre de quatre sur les basides, sont d'abord incolores, mais elles prennent plus tard la coloration

brune qui distingue les vieilles hyphas. Elles sont larges, ovales, rarement presque sphériques. Leur longueur est d'environ 5,3 microm., leur largeur de 4,5 microm. A l'intérieur d'un grand nombre de spores on trouve un globule nettement délimité et qu'il faut sans doute considérer comme une goutte d'huile. La plupart des spores ne paraissent pas devoir quitter les canaux; certaines d'entre elles y germent même.

Les spores n'ont pas germé artificiellement.

L'accroissement annuel se fait depuis la moitié du mois d'août ou septembre jusqu'au commencement ou à la fin de novembre; il dépend d'un certain état d'humidité du champignon, qui ne se présente que par les temps humides de longue durée.

La végétation du parasite.

Comme le mycélium ne se développe que dans le cœur du bois, la plante est épargnée dans les premiers âges de sa vie. De nombreuses tentatives d'infection sur des pins de trente ou quarante ans ont totalement échoué, tandis qu'elles ont toujours réussi sur des pins plus vieux. Une petite cheville de bois malade a été engagée dans un trou pratiqué dans un tronc sain. Au bout d'un an le bois était malade à la distance d'un décimètre de la place infectée; de nombreux filaments partis évidemment du mycélium du bois malade ont été trouvés dans les fibres ligneuses et surtout dans les rayons médullaires d'où ils portent la maladie jusqu'au centre du bois.

Les arbres de soixante à soixante-dix ans portent souvent des champignons, de sorte qu'on peut dire que c'est à quarante ou cinquante ans que l'infection se fait le plus facilement.

Comme l'aubier reste blanc et sain sur une largeur de plusieurs centimètres, même sur les troncs dont le cœur est très-malade, et que la maladie ne part jamais des racines, il ne reste que les grosses branches cassées ou coupées qui puissent transmettre la maladie du dehors en dedans.

La maladie s'étend dans toutes les directions, mais surtout longitudinalement, ce qui se voit quelquefois très-nettement sur les planches ou les poutres qui sont alors marquées de longues lignes brunes.

Souvent les arbres malades peuvent fournir des fragments très-utilisables quand on a soin d'en enlever les parties gâtées pour s'en servir comme bois de chauffage.

Le résultat final de la végétation du champignon dans les éléments du bois est la destruction de ceux-ci. Il se forme dans le cœur des trous de plus en plus grands et nombreux jusqu'à ce que le tronc soit creux et que le bois restant ne soit plus tapissé que d'une farine jaunâtre. Ajoutons encore qu'entre l'aubier sain et le cœur malade il y a une zone privée de mycélium qui est imbibée de résine.

Comme pour tant d'autres maladies on a invoqué ici comme cause véritable l'âge des arbres, l'arrêt dans les fonctions du cœur du bois, qui en est une conséquence, un sol trop maigre ou trop gras, le mauvais temps qui ne permet pas au bois de l'année de s'aoûter.

L'âge ne peut pas être la cause de la maladie. Des arbres de deux cents ans sont souvent sains, tandis que d'autres qui n'ont que soixante ans sont déjà sérieusement atteints. Ce n'est pas le bois le plus âgé de l'arbre, mais souvent la couronne qui dénote les premiers symptômes de la maladie. Elle n'est pas non plus déterminée par un arrêt dans les fonctions du bois, parce qu'alors elle devrait se présenter constamment à un certain âge tandis que le cœur conserve toujours ses fonctions.

La maladie s'est présentée dans des sols de qualités très-différentes, secs ou humides.

Enfin la maladie se développe surtout dans les endroits exposés aux tempêtes, et sur des arbres dont quelques branches avaient été cassées ou coupées, ce qui paraît être une suite de l'infection par les spores du *Trametes*. Dans le voisinage des villes et des villages, où la malveillance ou le vol exposent les arbres à de nombreuses blessures, cette maladie est très-répandue.

Toutes ces considérations nous fournissent les moyens rationnels d'empêcher ou de guérir cette maladie.

Avant tout il faut éviter de couper ou de casser des branches fraîches.

Il n'est pas dangereux d'enlever les jeunes branches comme on le fait parfois pour obtenir des troncs sans branches jusqu'à l'âge de trente ans, parce qu'alors les branches n'ont pas encore de cœur et

que dans ces plantations de jeunes pins les chances d'infection sont assez faibles loin des vieux arbres.

Il faut recommander l'abattage des arbres infectés pour deux raisons : d'abord parce qu'on enlève ainsi les foyers d'infection, et ensuite parce que dans les premières périodes de la maladie l'arbre est encore parfaitement utilisable, tandis qu'il ne tarderait pas à se gâter complétement si on le laissait sur pied.

Lorsqu'une plantation est tellement malade que l'abattage des arbres atteints y déterminerait la formation de grandes lacunes, il est de l'intérêt du propriétaire de l'abattre tout entière aussitôt que possible, car la valeur du bois diminue constamment.

TRAMETES RADICIPERDA, R. HRTG.

En observant les arbres tués par l'*Agaricus melleus*, on a trouvé à côté d'eux de nombreux sujets morts subitement au milieu de la végétation la plus vigoureuse, sans qu'on pût y découvrir le *Rhizomorpha fragilis* et sans qu'il y eût écoulement de résine sur la souche.

Cette autre maladie a été observée sur les pins de cinq à vingt ans, le genévrier, le hêtre, l'aubépine (*Cratægus monogyna* et *Cr. Smithii*). On a trouvé régulièrement au pied de chaque arbre malade un champignon qui paraît avoir échappé jusqu'ici aux yeux des mycologues, parce qu'il se développe sous la terre.

Le mycélium.

Le mycélium de ce champignon qui habite le liber et le bois des plantes, présente beaucoup de ressemblance avec celui du *Trametes Pini*. Il est toujours incolore, tandis que celui-ci est souvent coloré en brun. Les hyphas sont peu cloisonnées et très-rameuses. Les plus fortes (2 microm.) donnent naissance à des fils plus fins.

On ne voit le double contour des parois que lorsque les cellules sont vides.

Les filaments percent avec la plus grande facilité les parois des organes ligneux et libériens; les tissus mortifiés sont criblés de lacunes remplies des masses feutrées du mycélium qui apparaissent entre les écailles de l'écorce des racines et y forment de petits

tubercules blanc jaunâtre ordinairement incrustés de grains de sable et qui donnent, par-ci par là, naissance aux fructifications.

Fructifications.

Les fructifications se développent de préférence sur la souche, là où l'humus, la mousse ou le gazon entretiennent une humidité favorable. Souvent on les trouve aussi sur les racines, à une profondeur de 1 à 2 décim., loin de la souche. Elles sont rarement seules, ordinairement agglomérées, et forment alors des masses en forme de grappes de couleur blanc jaunâtre ou blanche.

Les spores sont blanches, plus petites que celles du *Trametes Pini*, d'un volume plus variable. Les poils font défaut.

Végétation du parasite.

Le mode de végétation de ce parasite est peu connu. Dans les pins abattus immédiatement après la mort, on a trouvé tout le bois et toute l'écorce traversés par le mycélium. La mort résulte de la destruction du liber. Le champignon se propage très-vite et s'étend sur les plantes voisines.

On ignore le mode de transmission du parasite. Dans tous les cas il sera bon d'arracher les plantes malades.

ÆCIDIUM PINI PERS.

Peridermium Pini.

La rouille vésiculeuse du pin.

L'*Æcidium Pini* appartient aux rouilles les plus connues des conifères; les maladies dont il est la cause sont si fréquentes qu'elles n'ont pu manquer d'attirer au plus haut degré l'attention du forestier. Ni le champignon, ni les maladies en question n'ont été l'objet jusqu'à présent, de recherches scientifiques suffisamment approfondies; la connexion même des accidents pathologiques avec la végétation du parasite n'a été qu'insuffisamment établie : ces nouveaux résultats viennent donc fort à propos combler une lacune importante dans la connaissance des maladies du pin.

Un grand nombre de nos lecteurs, peu au courant de ce qui concerne les champignons de la famille des *Urédinées* (rouille), trouveront ici avec satisfaction quelques généralités sur ces petits végétaux.

Généralités sur la rouille.

Les Urédinées se distinguent, d'après M. de Bary et d'autres observateurs, par des générations alternantes très-remarquables.

Généralement on trouve trois formes qui sont caractérisées chacune par ses fructifications particulières.

A certaines époques, ces champignons donnent naissance à des spores de longue durée appelées téleutospores, à parois très-épaisses, unicellulées ou composées de deux ou plusieurs cellules superposées, insérées sur des pédoncules dont elles ne se détachent pas. Elles passent généralement l'hiver sur les plantes qui leur ont servi de substratum. Au printemps elles germent en donnant naissance à un boyau épais appelé *promycélium* qui n'est doué que d'un accroissement limité et engendre de 1 à 4 rameaux latéraux pointus terminés chacun par une petite spore ovale ou en forme de rognon. Ces spores ont reçu des botanistes le nom de *sporidies.* Transportées sur une plante appropriée, les sporidies germent : les boyaux germinatifs percent les parois des cellules épidermiques pour se ramifier et former un mycélium dans le parenchyme de la feuille ou de l'écorce.

Les fructifications de ce mycélium sont les *Æcidium* et les *Spermogones*. Dans les *Æcidium* les files de spores qui sont insérées sur les basides de la couche hyméniale sont entourées d'une enveloppe membraneuse appelée *péridie*. Les *œcidiospores* envoient leurs boyaux germinatifs à travers les stomates dans les tissus profonds de la plante que la nouvelle génération doit habiter. Le mycélium végète dans les méats intercellulaires : c'est l'*Uredo;* les spores (*urédospores*) sont disposées isolément ou en files sur des pédoncules en forme de massue.

Pendant l'été les urédospores reproduisent constamment la même forme ; mais à l'arrière-saison le même mycélium produit des téleutospores qui passent l'hiver.

Les Urédinées avec un polymorphisme complet, possèdent donc trois formes :

Les *téleutosphores*, les *Æcidium* et les *Uredo*.

Exemple : *Puccinia graminis* (rouille du blé).
Æcidium Berberidis.
Uredo linearis.

Quelques champignons de cette famille ne possèdent que les téleutospores et l'*Æcidium* ou les téleutospores donnent naissance par leurs sporidies à une génération semblable (à des téleutospores) (*Chrysomyxa*).

Les rouilles des conifères, dont le nombre est encore assez restreint, ont été divisées par M. Rees (1) en quatre sections basées sur les générations alternantes connues.

I. — Espèces dont toutes les générations sont connues.

Les formes aux téleutospores végètent sur des *Juniperus*, les *Æcidium* sur des Pomacées.

1. *Gymnosporangium fuscum*, Œrst., sur le *Juniperus Sabina*, etc., avec le *Rœstelia cancellata* sur le poirier, etc.

2. *Gymnosporangium clavariœforme*, Œrst., sur le *Juniperus communis*, avec le *Rœstelia penicillata* sur le pommier, l'aubépine, etc.

3. *Gymnosporangium conicum*, Œrst., sur le *Juniperus communis*, avec le *Rœstelia cornuta* sur le sorbier, etc.

II. — Téleutospores isolées avec reproduction directe.

4. *Chrysomyxa Abietis*, Ung., sur l'*Abies excelsa*.

III. — Æcidium isolés de téleutospores inconnues.

A. — Formes du groupe *Peridermium* dont les représentants habitent l'écorce ou les feuilles.

5. *Æcidium elatinum*, A. et S., sur l'*Abies pectinata*.

6. *Æcidium Pini*, Pers., sur le *Pinus sylvestris*.

7. *Æcidium Abietinum*, A. et S., sur l'*Abies excelsa*.

8. *Æcidium columnare*, A. et S., sur l'*Abies pectinata*.

(1) Die Rostpilzformen der Deutschen Coniferen. Halle, 1869.

9. *Æcidium coruscans*, Fr., sur l'*Abies excelsa*.

B. — Formes qui habitent les cônes.

10. *Æcidium conorum Piceæ*, Rss., sur l'*Abies excelsa*.

11. *Æcidium strobilinum*, Rss., sur l'*Abies excelsa*.

IV. — Uredoformes isolées de téleutospores inconnues.

12. *Cæoma pinitorquum*, A. Br., sur le *Pinus sylvestris*.

13. *Cæoma Abietis pectinatæ*, Rss., sur l'*Abies pectinata*.

14. *Cæoma Laricis*, R. Hrtg, sur le *Larix decidua*.

On voit en examinant cette liste combien il reste à faire dans l'étude de ces organismes. Pour les espèces 5-14, il reste à découvrir au moins encore une forme, celle qui produit les téleutospores. Il est probable que ce sont des champignons déjà connus et qu'il suffira de constater la connexion avec une autre espèce.

Revenons maintenant à l'*Æcidium Pini*. On ne connaît de cette espèce que l'*Æcidium* qu'on trouve aussi bien sur les feuilles (*acicola*) que sur l'écorce (*corticola*). Il y a quelques différences entre ces deux formes et nous reviendrons plus loin sur la question de savoir s'il faut les considérer comme deux espèces différentes ; en attendant nous les réunissons.

Le mycélium.

Le mycélium de l'*Æcidium Pini* végète dans les feuilles du pin sylvestre et du *Laricio austriaca*, ainsi que dans l'écorce, le liber et le bois du pin sylvestre et du *P. strobus*.

Il consiste en hyphas de 3,5 à 4,5 microm. de diamètre, remplies dans le jeune âge d'un plasma incolore et limitées par un simple contour. Les filaments plus âgés présentent un double contour ; ils sont fréquemment cloisonnés, rameux, et ils renferment, dans le voisinage des fructifications, des gouttelettes huileuses jaune d'or.

Enfin le contenu purement protoplasmique est remplacé par du suc cellulaire ; le plasma lui-même ne recouvre que les parois et sépare les vacuoles de suc cellulaire, de manière à simuler des cloisons transversales.

Le mycélium est intercellulaire ; il s'insinue entre les cellules parenchymateuses de la feuille, de l'écorce, du liber, des rayons

médullaires, entre les fibres grillagées du liber, mais pas entre les fibres ligneuses. Quelquefois les cellules parenchymateuses sont complétement séparées par le mycélium fortement accru. De nombreux suçoirs s'enfoncent dans les cellules parenchymateuses et y déterminent des changements que nous allons apprendre à connaître.

Le mycélium est vivace; il peut atteindre l'âge de soixante-dix ans et davantage. Dans les feuilles de pin, leur âge ne dépasse pas deux ans, parce que les feuilles malades meurent et tombent à la fin de la troisième année. Le mycélium de la forme corticale s'étend tous les ans dans le liber et le cambium, jusqu'à ce qu'il ait embrassé tout le tronc. Cependant ces progrès demandent pour s'accomplir un long espace de temps. On n'observe pas de différence dans les mycélium des deux formes *acicola* et *corticola*.

Les fructifications.

L'état de l'atmosphère exerce une influence considérable sur le développement des spermogones et des *Æcidium* de la forme acicole; quant à la forme corticole, elle paraît y être indifférente.

En 1872, le printemps chaud détermina dès le mois d'avril l'éruption des *Æcidium* et des spermogones sur les feuilles, tandis qu'ils ne se sont montrés sur l'écorce qu'au commencement de juin. En 1873, le printemps froid recula le développement des *Æcidium* des feuilles jusque vers le 15 mai, et à la mi-juin on pouvait encore trouver sur les feuilles des *Æcidium* non ouverts. La forme corticole fit son apparition à la même époque qu'en 1872. En général, on peut dire que la forme acicole fructifie en mai et la forme corticole en juin.

Les spermogones, qui précèdent un peu les *Æcidium*, n'étaient connus que dans la forme acicole. Ils y forment des taches jaunes plus ou moins nombreuses (jusqu'à cinquante sur une feuille), longues d'environ un micr., surtout sur la face interne, plus rarement sur la face externe des feuilles d'un ou de deux ans. Ils s'élèvent en forme de cônes obtus au-dessus de la surface de la feuille; l'épiderme éclate suivant une fente étroite, et les spermaties sont libres. Rien de particulier ne distingue ces spermogones de ceux d'autres espèces de la même famille. Les hyphas constituent, entre l'épiderme et le parenchyme de la face supérieure, un pseudo-parenchyme, duquel partent de nombreux filaments déliés, conver-

gents vers le sommet du spermogone conique; à l'extrémité de ces filaments s'insèrent les très-petites spermaties ovales, longues de 1 à 2 microm.

C'est à un forestier de Wildenbruch, M. Koltermann, que M. Hartig doit la découverte des spermogones de la forme corticole. Sur l'écorce d'un pin de Weymouth âgé de quatorze ans, il trouva, entre les gros *Æcidium*, des places lisses de la grandeur d'un pois, qui se distinguaient par leur coloration plus foncée. C'étaient les spermogones; ils se rencontrent de préférence à la limite entre l'écorce saine et les parties malades. M. Hartig les découvrit également sur le pin ordinaire, où ils sont plus difficiles à voir à cause de leur teinte plus pâle. Les spermogones du *corticola* forment des taches de 3 à 7 microm. de diamètre.

A la limite entre le parenchyme cortical et l'enveloppe subéreuse, se développe une couche d'environ 40 microm. de haut, formée intérieurement de pseudo-parenchyme d'où partent perpendiculairement des hyphas qui soulèvent la couche subéreuse et la séparent de l'écorce.

Les *Æcidium* de la forme acicole se forment ordinairement en petit nombre (rarement plus de quinze) entre les spermogones sur les feuilles de deuxième et de troisième année. Comme le parasite ne tue pas la feuille, celles de troisième année portent souvent de jeunes spermogones et de jeunes *Æcidium*, entre les cicatrices des fructifications de l'année précédente, cicatrices noircies et imbibées de résine. La fente de l'épiderme d'où sort le péridie de l'*Æcidium* a 1 à 3, rarement jusqu'à 5 microm. de long.

L'*Æcidium* naît sur un stroma lâche d'où partent perpendiculairement à la surface de la feuille des hyphas ou basides très-serrés, 4-5 cellulaires. Les cellules de l'assise extrême se soudent et forment le rudiment du péridie, qui s'accroît ensuite par l'addition de nouvelles cellules au-dessous des parties déjà formées. Les cellules du péridie ont une ouverture semblable à celle des spores; elles sont volumineuses, polyédriques, vides et transparentes. Extérieurement, par rapport aux basides qui portent le péridie, on trouve plusieurs cellules en forme de massue, qui soulèvent l'épiderme, de sorte que le péridie lui-même n'a pas à en supporter la pression. Les spores ne se suivent pas immédiatement à l'extrémité des basides, mais elles sont séparées par des lamelles qui disparaissent à mesure que les spores arrivent à leur développement complet. Le

péridie se déchire irrégulièrement et laisse échapper les spores.

Celles-ci sont oblongues, quelquefois ovales ou polyédriques avec des angles et des arêtes mousses. Cette forme s'explique par la pression réciproque. Le contenu est riche en plasma jaune d'or, dans lequel flottent des gouttelettes huileuses plus ou moins volumineuses. La membrane est incolore; les épaississements en forme de verrues sont si faiblement accollés qu'ils se détachent quelquefois par la seule pression du petit verre et flottent dans l'eau de la préparation sous forme de petits bâtonnets un peu étranglés au milieu. La germination s'opère facilement au bout de 12-24 heures dans l'air humide ou dans l'eau. Il y a 1 à 3 boyaux qui se ramifient et renferment souvent les gouttelettes jaunes des spores.

Les *Æcidium* du *corticola* sont beaucoup plus grands et plus irréguliers.

Les plus arrondis ont un diamètre moyen d'environ 5^{mm}, les plus allongés ont la même largeur : ils confluent avec les voisins et arrivent jusqu'à la longueur de 15^{mm}, on les voit apparaître en juin sur l'écorce des branches et des rameaux de jeunes ou de vieux pins, très-souvent aussi sur le tronc même; sur les très-jeunes troncs et sur les rameaux les plus faibles, l'écorce est infectée sur tout le pourtour; sur les vieux troncs et les branches les plus fortes, ce n'est ordinairement qu'un seul côté qui porte les *Æcidium*. Lorsque le tissu de l'écorce n'est pas complétement tué la première année, de nouveaux *Æcidium* se montrent entre les cicatrices des anciens; mais ils apparaissent de préférence dans le voisinage des tissus mortifiés, dénotant ainsi la marche progressive du mycélium. Ces phénomènes se reproduisent pendant une série d'années jusqu'à la mort de la plante ou de la branche.

Sur les très-vieux arbres la formation des *Æcidium* s'arrête au bout de quelque temps; le mycélium s'étend toujours, mais il devient stérile.

L'*Æcidium* du *corticola* se distingue de celui de l'*acicola* non-seulement par son volume et sa forme extérieure, mais par aussi le stroma très-développé; les basides sont beaucoup plus fins et comme ils sont très-serrés il se développe sur une même surface hyméniale beaucoup plus de spores que dans la forme *acicola*. Il en résulte que les lamelles qui séparent les spores sont quelquefois très-allongées et que les spores elles-mêmes sont parfois plus longues que dans l'acicola; toutefois, il n'en est pas toujours ainsi et les la-

melles ont souvent la même forme; nous ne possédons donc pas là un caractère qui puisse servir à séparer ces deux formes comme espèces distinctes. On ne pourra répondre à cette question que quand on aura découvert les téleutospores correspondantes. Les arguments qui parlent en faveur d'une séparation sont assez graves :

1. Grandeur et forme des *Æcidium* et des spermogones.
2. Différence de grandeur des basides.
3. Époque de fructification différente.
4. Par endroits on ne trouve que l'une des deux formes.

Il faut donc s'attendre à voir de nouvelles recherches établir définitivement la distinction en deux espèces: ***Peridermium Pini acicola*** et ***Perid. Pini corticola***.

La végétation du parasite.

L'histoire complète de ce parasite ne pourra être composée que quand les autres formes en seront connues.

Les maladies que cause le mycélium sont très-variées, mais elles peuvent être ramenées à une transformation de l'amidon en térébenthine.

La forme *acicola* apparait souvent en grande quantité au mois de mai dans les jeunes plantations de pins. De 3 à 10 ans la quantité des *Æcidium* est telle qu'ils donnent une teinte jaune à la plantation. La coloration normale ne revient alors qu'en juin.

Le développement du mycélium est tellement exubérant dans les méats intercellulaires que les cellules parenchymateuses en sont aplaties sans mourir.

Dans le voisinage des fructifications les tissus meurent après la dissémination des spores; ils s'imbibent de résine et se font reconnaître extérieurement par leur coloration brun foncé. La feuille de 3 ans qui a porté plusieurs générations d'*Æcidium* ne meurt pas, quoique le parenchyme soit tellement comprimé qu'il occupe moins de place que le mycélium. La feuille malade ne meurt que quelques mois avant la feuille saine.

A mesure que le pin avance en âge l'*Æcidium* devient plus rare sur les feuilles : au-delà de vingt ou trente ans la rouille des feuilles est une rareté.

L'*Æcidium Pini corticola* est infiniment plus nuisible.

L'infection se fait avant vingt ou vingt-cinq ans; on ne sait comment. L'amidon se transforme en térébenthine qui imbibe les parois cellulaires; le mycélium passe par les rayons médullaires à l'intérieur du bois où on ne le trouve cependant jamais que dans les rayons ou dans les canaux résinifères; il ne paraît pas y pénétrer à plus de 8-10 centim. de profondeur. L'imbibition des parois cellulaires entraîne l'impossibilité de la transmission des sucs aqueux; les fonctions vitales s'arrêtent. L'écorce morte, éclatée, laisse écouler de la térébenthine qui se résinifie entre les écailles et donne une coloration blanchâtre aux parties malades.

Au moment où le nouvel anneau de bois et d'écorce se forme, on trouve les filaments du mycélium en voie d'accroissement dans les jeunes tissus; il faut en conclure que la croissance du mycélium est surtout très-active dans la première moitié de l'été, et que la maladie est une conséquence de la végétation du champignon. Les phénomènes pathologiques varient suivant l'âge et la partie affectée de la plante.

Les jeunes troncs et les jeunes branches meurent déjà au bout d'un petit nombre d'années. Dans les vieilles plantations on remarque souvent des branches revêtues uniquement de feuilles rousses et mortes. Presque toujours on reconnaîtra que l'*Æcidium Pini* en est la cause.

Lorsque le tronc de vieux pins est attaqué dans la couronne ou au-dessous, on observe des phénomènes très-intéressants. La première année la place malade n'a que 5-10$_{cm}$ de diamètre, dans les années suivantes la place grandit, l'anneau devient plus large sur le côté sain parce que les sucs nourriciers en descendant nourrissent plus abondamment le cambium.

Il en résulte, pour ainsi dire, une lutte entre l'accroissement du parasite qui cherche à embrasser le tronc et celui de l'arbre qui tend à échapper par une activité exagérée sur le côté sain, mais l'imbibition résineuse de la partie malade et la dessiccation du bois diminue la marche de la sève vers le sommet de l'arbre; l'accroissement s'arrête, les feuilles deviennent plus rares; l'anneau de bois devient plus faible.

Le mycélium l'emporte donc, embrasse complétement le tronc et le sommet se dessèche. Cette lutte peut durer plus de soixante ans.

Le tronc et surtout la section transversale produisent des configu-

rations bizarres, notamment, ce qui est cependant assez rare, lorsque le parasite s'établit à la fois sur les deux faces opposées.

ÉTUDE D'ÉCONOMIE RURALE.

CONTROLE DES OPÉRATIONS DE CULTURE PAR LA COMPTABILITÉ

PAR

M. P.-C. DUBOST,

Professeur d'économie et de législation rurales à l'École de Grignon.

On croit généralement que l'Allemand Thaër, en essayant d'appliquer la comptabilité en partie double à l'agriculture, ne faisait que suivre les errements du commerce et de l'industrie, et que si cette forme de comptabilité n'a pas donné les mêmes résultats ni rendu les mêmes services en agriculture que dans l'industrie et le commerce, la faute en est aux agriculteurs, qui n'ont pas su ou n'ont pas voulu se servir, pour contrôler leurs opérations, d'un véritable instrument de précision.

C'est cette opinion, encore très-répandue, que je me propose de discuter. Je crois qu'il me sera facile de justifier les cultivateurs en montrant que le seul coupable est l'auteur du système, qui confondant la forme de la comptabilité avec les méthodes de contrôle appropriées aux diverses industries, a méconnu le caractère de la comptabilité en partie double, et n'a pu qu'en la dénaturant en faire une application détestable aux opérations de la culture. Je rechercherai ensuite dans le cœur même du sujet, c'est-à-dire dans la nature des faits de la production agricole, quels sont les renseignements les plus propres à éclairer le cultivateur sur la valeur de son entreprise, en d'autres termes, quelles sont les notions à demander à toute comptabilité pour contrôler sérieusement et utilement toutes les opérations de la ferme. Cette détermination faite, il appartiendra aux comptables de trouver le nombre, la forme et les meilleures dispositions des livres destinés à l'enregistrement et au groupement rationnel des faits. Nous espérons replacer ainsi la question sur son véritable terrain; car on ne saurait contester à un

professeur d'économie rurale le droit de traiter la grande question du contrôle des opérations de la culture qui est de sa compétence, et j'abandonne volontiers aux comptables de profession le côté technique du débat, c'est-à-dire la tenue des livres, qui est de leur ressort.

I

La comptabilité en partie double dans la banque, le commerce et l'industrie.

Banque. — On s'accorde à faire remonter à la banque l'origine de la comptabilité en partie double. C'est même là un point de fait qui n'a jamais été contesté et qui ne semble pas pouvoir l'être avec succès. La plupart des auteurs, il est vrai, ne vont pas au delà du moyen âge, et se bornent à constater l'usage de cette forme de comptabilité dans les écritures des banquiers de Florence et de Gênes. Mais un savant helléniste, M. G. Perrot, qui analysait récemment le discours prononcé par Démosthènes dans le procès du banquier Phormion, établit que longtemps avant l'ère chrétienne, la banque passait ses écritures ou tenait ses comptes dans la même forme que de nos jours.

On n'en sera point surpris quand j'aurai démontré que la comptabilité en partie double est la forme naturelle et nécessaire des opérations de banque, qui sont exclusivement, comme on le sait, des opérations de crédit. En matière de ce genre il y a toujours, dans l'affaire la plus simple, un débiteur et un créancier : le débiteur, celui qui a reçu, à la condition de rendre un jour; le créancier, celui qui a donné sur la promesse d'être remboursé plus tard. Il résulte de là que toute opération de banque, impliquant à la fois un créancier et un débiteur, doit naturellement et nécessairement s'inscrire dans deux comptes, dont l'un est *crédité*, parce qu'ayant fait l'avance, il devra la recouvrer plus tard, et dont l'autre est *débité*, parce qu'ayant reçu l'avance, il devra la rembourser un jour. Or l'inscription d'une opération dans deux comptes distincts, au débit de l'un et au crédit de l'autre, c'est le principe et le fondement de la comptabilité en partie double.

Les écritures sont ici la représentation exacte, précise et complète des faits. Comme à tout débit dans un compte correspond

toujours un crédit dans un autre, et réciproquement, la plus petite différence entre la somme cumulée des débits et celle des crédits, dénote une omission d'écritures ou une erreur et permet d'en rechercher l'origine. Les débits et les crédits se contrôlent d'ailleurs d'une autre manière : les débits des clients sont toujours représentés par les crédits du banquier, et leurs crédits par ses débits. C'est ainsi que cette forme de comptabilité fournit un merveilleux moyen de vérifier tout à la fois la régularité des écritures et la marche des affaires, en établissant avec la plus grande netteté, sans la moindre erreur possible, soit la situation de chaque client par la différence entre le débit et le crédit de son compte, soit la situation du banquier lui-même, par la balance générale de ses comptes ou la différence entre le montant de ses débits et celui de ses crédits.

Il n'échappera pas à nos lecteurs que les soldes de comptes de banque ne peuvent être que des créances ou des dettes résultant d'affaires de crédit engagées entre le banquier d'une part et ses correspondants de l'autre; et que s'il est vrai de dire qu'en matière de banque, tout crédit correspond à un débit et réciproquement, c'est parce que toute dette implique une créance, de même que toute créance implique une dette.

Tel est, en quelques mots, le caractère et le mécanisme d'une forme de comptabilité si bien appropriée aux opérations de banque, qu'on ne conçoit pas que les banquiers aient jamais pu inscrire leurs opérations sous une autre forme.

Commerce. — De la banque la comptabilité en partie double a passé dans le commerce, mais seulement pour les opérations commerciales qui ont de l'analogie avec les affaires de banque, c'est-à-dire pour les opérations à terme.

Les commerçants qui font toutes leurs affaires au comptant n'inscrivent jamais leurs opérations dans la forme des parties doubles. C'est là un fait des plus significatifs, et qu'il est loisible à chacun de vérifier. La raison en est simple : c'est que dans les affaires faites au comptant il n'y a jamais ni dette, ni créance, et qu'il ne saurait dès lors y avoir matière à ce double jeu du débit et du crédit qui caractérise la comptabilité en partie double. Cette forme de comptabilité, qui donne avec tant de précision la notion des dettes et des créances, mais qui n'en donne point d'autre, ne

rendrait aucun service aux commerçants qui n'ont ni débiteurs ni créanciers. Ces commerçants n'en tiennent pas moins des comptes de magasin et de caisse; mais ils n'inscrivent jamais que sous la forme la plus concise et la plus simple, les mouvements de marchandises ou d'espèces que détermine le commerce au comptant.

Au contraire, les commerçants qui font des affaires à terme, soit pour leurs achats, soit pour leurs ventes, et la plupart des commerçants en gros sont dans ce cas, ne négligent presque jamais d'inscrire leurs opérations dans la forme des parties doubles, parce que, ces opérations impliquant des dettes et des créances, le commerçant ne peut établir avec précision et sûreté sa position de débiteur ou de créancier vis-à-vis de chacun de ses fournisseurs et clients, que par le solde en crédit ou en débit de leurs comptes, et l'état général de ses affaires, que par la comparaison de ses dettes et de ses créances, ou par la balance de ses débits et de ses crédits. Le contrôle naturel des opérations commerciales à terme, c'est donc encore la comptabilité en partie double.

Les maisons de commerce qui font des affaires à terme ne demandent à la comptabilité en partie double rien au delà de ce contrôle rigoureux des dettes et des créances. Le commerçant en gros a cependant d'autres notions à demander à ses livres. Il a besoin, par exemple, de connaître, à un moment donné, la marche de ses affaires, c'est-à-dire le progrès ou le ralentissement de ses ventes, l'état de ses approvisionnements, etc., afin de parer aux nécessités du moment en activant ou en ralentissant ses achats. Va-t-il s'adresser aux écritures de la partie double pour lui fournir ces renseignements si nécessaires à la direction de son commerce? Il ne songera pas à les lui demander, parce qu'il sait qu'elle n'est pas faite pour les lui fournir. Il aura simplement recours à une autre comptabilité, tenue dans la forme la plus simple, où tous les faits commerciaux proprement dits sont enregistrés et classés, de façon à fournir ces renseignements que ne saurait donner la comptabilité en partie double.

Que le lecteur prenne la peine de jeter un coup d'œil sur le grand-livre d'une maison de commerce, où tous les comptes de la partie double viennent se classer, il se convaincra aisément qu'il n'y a là que des comptes de débiteurs et de créanciers, et que la seule notion qu'on songe à demander aux écritures de ces comptes, c'est celle des dettes ou des créances. Tous ces comptes en effet, moins

les cinq dont je vais dire un mot, sont des comptes de fournisseurs ou de clients qui ont fait avec le commerçant des affaires à terme. Les cinq comptes qui font exception sont les comptes généraux de marchandises en magasin, de caisse, d'effets à recevoir, d'effets à payer, et enfin de profits et pertes. Mais il est clair qu'il n'y a là que des subdivisions des comptes personnels du commerçant lui-même, c'est-à-dire des débits et des crédits, qui sont corrélatifs des crédits et des débits des comptes de clients, classés en cinq grandes divisions. L'objet de ce classement, c'est de grouper par catégories les soldes débiteurs ou créditeurs des comptes, de façon à rendre les recherches plus faciles et la situation plus nette. Mais il est tellement vrai de dire que la seule notion à demander à la comptabilité en partie double est celle des dettes et des créances, qu'on n'ouvre jamais de compte, dans les écritures tenues dans cette forme, aux clients qui ont payé comptant les marchandises achetées. L'opération est alors censée se faire entre les deux comptes généraux de marchandises en magasin et de caisse, comme si le commerçant avait acheté d'une main et vendu de l'autre. Cela revient à dire que passer un article dans la partie double, ce n'est pas l'inscrire au débit et au crédit d'un même compte; c'est l'inscrire au débit d'un compte et au crédit d'un autre, ou au crédit du premier et au débit du second, le créancier étant corrélatif du débiteur, et toute dette impliquant une créance. Cela revient à dire encore qu'il ne peut y avoir de comptabilité en partie double que là où il y a réellement des débiteurs et des créanciers en présence, c'est-à-dire là où il y a eu des affaires contractées à terme. C'est ainsi que l'entendent la banque et le commerce. Il est d'ailleurs facile de vérifier ces faits.

Industrie. — Il en est de même pour l'industrie. La comptabilité en partie double n'y est affectée qu'aux opérations de crédit, c'est-à-dire aux achats et aux ventes à terme, et la seule notion qu'on lui demande est celle des dettes et des créances de l'entreprise, ainsi que celle des débits et des crédits des clients ou des fournisseurs.

Cependant les opérations de l'industrie sont déjà passablement compliquées. Elle achète ou elle extrait du sol des matières premières; elle les transforme en produits au moyen d'opérations plus ou moins complexes qui mettent en œuvre des capitaux de toute nature, depuis les espèces monnayées jusqu'à l'outillage et aux im-

meubles ; enfin elle livre ces produits au commerce ou à la consommation. Quelquefois même il y a dans une usine plusieurs industries distinctes, ou si l'on veut plusieurs séries de transformations qui s'exécutent dans des ateliers séparés. Prenons comme exemples une manufacture de lainages de Reims, ou l'usine métallurgique du Creuzot. La manufacture de Reims achète des laines en suint et livre des lainages au commerce. Mais voici les opérations successives qui viennent se placer entre les deux termes extrêmes de l'industrie : dégraissage des laines, séchage, cardage, peignage, filature, tissage. Chacune de ces opérations a son atelier séparé, son matériel spécial et son personnel distinct. Au Creuzot, les opérations sont encore bien autrement complexes et multipliées. On y achète de la houille et du minerai, mais on en extrait aussi directement de mines qui appartiennent à l'usine. Le minerai et la houille ayant ces deux origines diverses, et associés d'ailleurs dans des proportions variables, sont conduits dans les hauts fourneaux et servent à la production de la fonte. Cette nouvelle matière est soumise, dans des appareils spéciaux, à des réductions diverses, pour être transformée en lingots d'acier ou de fer qu'on lamine ou qu'on pilonne jusqu'au point de les convertir en rails, en bandes de roues, en locomotives, en canons, en engins mécaniques de toute espèce et de toute puissance. Que d'opérations et de transformations n'a-t-il pas fallu faire subir à la fonte pour la changer finalement en l'une de ces puissantes locomotives qui servent de moteur à nos chemins de fer ! A côté des opérations commerciales qui ont pour objet l'achat des matières premières et la vente des produits sous les formes les plus diverses, il y a donc là, comme dans la manufacture de Reims, des opérations industrielles très-nombreuses et très-complexes, c'est-à-dire des transformations successives de matières premières en produits, qui se sont accomplies dans des ateliers séparés, avec un outillage spécial et un personnel distinct. Eh bien, quelles sont les opérations que va comprendre dans la manufacture de Reims ou dans l'usine du Creuzot, la comptabilité en partie double ? Est-ce que les transformations industrielles auront une place dans ses écritures, à côté des opérations purement commerciales ? Va-t-on demander à cette forme de comptabilité d'autres notions que celle des dettes ou des créances, des débits ou des crédits ? Va-t-on, par exemple, assimiler chacune des opérations industrielles, ou mieux chacun des ateliers à une sorte de spéculateur qui serait censé traiter à terme

avec les ateliers voisins, et va-t-on le faire entrer, après l'avoir doté de ce caractère, dans le jeu de la partie double, en le créditant quand on aura débité d'autres comptes, ou en le débitant, quand on les aura crédités?

Il n'en est rien : les comptes d'atelier n'ont pas plus de place dans la comptabilité en partie double de l'industriel que les comptes de rayon ou de marchandises spéciales dans le grand-livre du commerçant : il n'y a pas là de débiteurs ou de créanciers, et la partie double ne répond qu'à la notion des dettes ou des créances. Il est facile au lecteur de s'assurer que, soit dans la manufacture de Reims, soit dans l'usine du Creuzot, la partie double se borne aux opérations purement commerciales qui se rapportent à l'achat des matières premières et à la vente des produits fabriqués, mais qu'elle laisse de côté toutes les transformations industrielles, qui n'ont rien à voir dans les comptes des clients ou des fournisseurs.

Cela n'empêchera pas les chefs d'atelier et les comptables de contrôler les opérations industrielles, en notant les entrées et les sorties de matières, de façon à savoir aussi exactement que possible ce qu'on peut obtenir de produit avec un poids donné de matière brute, ou le prix de revient approximatif d'une locomobile. Mais ces comptes de production, ne mettant en jeu ni dettes ni créances, ne sauraient trouver place dans la comptabilité en partie double, où les comptes réels de débiteurs et de créanciers ont seuls accès. C'est en dehors de cette forme spéciale de comptabilité, et à titre de renseignements utiles à consulter, que les faits industriels seront enregistrés et classés. Quelque nom qu'on donne aux registres qui servent à l'inscription de ces écritures, ce n'est jamais là de la comptabilité en partie double, ainsi qu'il est facile, encore une fois, de le vérifier.

Il restera donc bien établi qu'avec des affaires immenses, une organisation très-complexe et un personnel nombreux et éclairé, l'industrie ne soumet au contrôle de la comptabilité en partie double que les affaires commerciales à terme, parce que si cette forme de comptabilité donne avec une merveilleuse précision la notion des dettes et des créances, elle n'en saurait fournir aucune autre.

II

La comptabilité en partie double dans l'agriculture.

Après le commerce et l'industrie, l'agriculture a voulu avoir aussi sa comptabilité en partie double, ou plutôt, pour parler plus exactement, on s'est efforcé de lui en conseiller l'emploi. Cette idée toutefois n'a commencé à se faire jour que tardivement. Je ne sache pas qu'il en eût jamais été question avant le commencement du siècle. Sous le premier empire, la Société centrale d'agriculture de France, qui comptait déjà dans son sein les représentants les plus illustres de la science agricole, avait même couronné, à la suite d'un concours, une méthode de comptabilité simple sous la forme de tableaux. Il faut arriver jusqu'à la restauration pour trouver dans les écrits de Thaër et dans ceux du baron Crud les premières tentatives d'application de la comptabilité de crédit aux opérations de la culture. Un homme de talent, qui malheureusement n'était pas économiste, Mathieu de Dombasle, prit l'idée sous son patronage, et s'efforça de créer une méthode à l'usage de ses disciples et de ses lecteurs. A son exemple, les agronomes et les comptables, soit en France, soit à l'étranger, se vouèrent à la tâche de résoudre les difficultés du problème, dans l'espoir de doter l'agriculture d'une méthode de contrôle qui lui faisait défaut. Je n'étonnerai personne en disant que tous ces efforts ont été stériles, que toutes ces tentatives ont échoué ; après cinquante ans d'expérimentation, de discussion et de propagande, l'agriculture n'est pas plus avancée sur ce point que du temps de Mathieu de Dombasle. Nous avons, il est vrai, de nombreux systèmes de comptabilité agricole en partie double, qui diffèrent tous les uns des autres. Mais les cultivateurs éclairés de tous les pays font aujourd'hui le même cas de toutes ces méthodes et refusent obstinément d'en suivre aucune.

C'est qu'il y a un abîme entre la comptabilité agricole en partie double et la comptabilité de la banque, du commerce et de l'industrie. On a appliqué le même nom à des choses qui sont entièrement différentes.

Sauf des cas exceptionnels, dont je dirai un mot plus loin, l'agri-

culture ne fait pas des affaires commerciales à terme. Elle paye en achetant, sur les foires ou dans le magasin, les matières premières de son industrie, son bétail, ses instruments, ses provisions. Quand elle vend ses denrées, elle en fait payer le prix au moment de la livraison. C'est là la règle. Il y a bien de loin en loin quelques affaires faites à terme, des crédits faits au cultivateur ou accordés par lui. Mais dans l'immense majorité des cas, ces affaires sont trop peu nombreuses pour que le chef de l'entreprise ait besoin de constater sa situation de crédit par la balance de ses comptes. Quand la mémoire ne suffit pas, de simples notes permettent aisément d'établir une situation qui ne saurait, dans aucun cas, être bien compliquée. La matière propre de la comptabilité en partie double, c'est-à-dire les affaires de crédit, faisait évidemment défaut dans l'agriculture.

On imagina alors de détourner la comptabilité en partie double de sa destination naturelle en l'appliquant, non à des opérations commerciales à terme qui n'existaient pas, mais aux opérations de la production agricole, et en lui demandant la notion des gains et pertes, au lieu de celle des dettes et des créances. On ouvrit des comptes à tous les détails de l'exploitation, à toutes les combinaisons de la culture, à toutes les spéculations de l'entreprise, à tous les déplacements, à toutes les transformations de matières premières, absolument comme ferait un banquier pour ses correspondants, ou un commerçant pour ses clients et pour ses fournisseurs. C'est ainsi qu'on vit figurer dans les écritures de la comptabilité agricole en partie double des comptes de blé, d'avoine, de fourrages, de paille, de fumier, de bêtes à cornes, de vaches laitières, de bœufs d'engraissement, etc., etc. On supposa des transactions entre tous ces comptes. Quand le fourrage entrait dans la grange, celle-ci était censée l'avoir acheté des prairies ou des cultures; elle était censée la revendre aux diverses spéculations de bétail, quand il était livré à la consommation. Les animaux vendaient leur travail et leur fumier aux comptes de culture; et ces derniers, à leur tour, après avoir revendu leurs pailles aux comptes de bétail, étaient censés vendre encore aux comptes de grenier et de magasin la partie des récoltes que le cultivateur se proposait de porter sur le marché. La règle admise pour ces transactions qu'on appelait intérieures, c'est que tout compte devait être débité de la valeur de tout ce qu'il recevait, et crédité de la valeur de tout ce qu'il livrait ou était présumé livrer aux autres comptes. On espérait ainsi que le solde des comptes, ou la

différence entre le débit et le crédit, indiquerait exactement le bénéfice réalisé ou la perte subie par l'opération à laquelle se rapportait le compte, et qu'il suffirait de faire la balance générale de tous les comptes pour avoir le bénéfice final ou la perte de l'entreprise. On croyait enfin que la notion des pertes et gains éclairerait le cultivateur sur la valeur de ses combinaisons, et qu'il n'aurait qu'à étendre les spéculations qui se soldaient en bénéfice ou à restreindre celles qui se soldaient en perte, pour accroître sûrement la masse du profit général.

Voilà, en quelques mots, quelle était l'idée mère de la comptabilité agricole en partie double. J'ai exposé et critiqué ailleurs tous les procédés qui ont été conseillés successivement pour faire jouer ce mécanisme et pour en tirer des enseignements. C'est une tâche que je n'ai pas à recommencer. Je ne puis que renvoyer le lecteur au volume qui a pour titre *les Entreprises de culture et la Comptabilité* (1), en me bornant ici à ce qui est strictement indispensable pour démontrer que le jeu des comptes de production agricole diffère radicalement du jeu des comptes de crédit du commerce et de la banque.

Quelque séduisante que paraisse au premier abord la perspective d'éclairer la marche du cultivateur par des comptes de production tenus dans la forme des parties doubles, il y a un point de fait qui doit frapper les lecteurs auxquels je m'adresse. L'industrie, qui est beaucoup moins complexe que l'agriculture, bien qu'elle transforme aussi des matières premières en produits, n'a pas appliqué à ses comptes de production la forme des parties doubles qu'elle emploie pour ses opérations de commerce. Pourtant si cette forme de comptabilité pouvait donner la notion des gains et pertes avec la même précision que celle des dettes et créances, quoi de plus utile que de la faire fonctionner dans les ateliers de l'industrie, pour rechercher aussi quels sont, parmi ces divers ateliers, ceux qui donnent le plus de profit à l'industriel ! Le fabricant de lainages de Reims ne serait-il pas intéressé à savoir s'il gagne plus sur le tissage que sur la filature ? L'usine du Creuzot ne pourrait-elle demander aussi à des comptes d'atelier tenus dans la forme des parties doubles, si elle a plus d'avantage à employer le minerai du Morvan qu'à faire venir à

(1) En vente à la librairie Georges Masson et à la librairie agricole de la Maison rustique. — Prix, 3 fr.



grands frais celui d'El-Mokta, à étirer des rails ou des bandages de roue qu'à fabriquer des canons ou des locomotives ?

Il est même à remarquer que les comptes d'ateliers industriels seraient infiniment plus faciles à établir dans la forme des parties doubles que les comptes de production agricole. Toutes les opérations de l'industrie, même dans l'usine la plus compliquée, sont relativement faciles à délimiter et à circonscrire. On sait ce qu'il entre de matière première dans un poids donné de produit, de laine dans le fil, de fil dans l'étoffe, de minerai dans la fonte, de fonte dans le fer ou l'acier. D'atelier en atelier, de transformation en transformation, tout sera mesuré avec précision, pesé avec rigueur. Les valeurs acquises à chaque transformation seront un peu plus difficiles à déterminer; mais sur ce point encore l'industrie aura un notable avantage sur l'agriculture. Il y a des cours commerciaux pour la laine, pour le fil, pour le minerai, pour la fonte, pour le fer et pour l'acier, c'est-à-dire pour toutes les matières premières et pour tous les produits des divers ateliers de l'industrie. Les frais de main-d'œuvre de chaque atelier sont aussi distincts : les ouvriers de l'industrie ne passent pas, comme ceux de l'agriculture, d un atelier à un autre; ils sont fileurs ou tisseurs, fondeurs ou mécaniciens. Pour chaque atelier, les valeurs entrées, les frais et les valeurs sorties pourraient donc s'établir avec quelque approximation. Si donc les comptes d'atelier en partie double pouvaient donner la notion des gains et pertes, on ne comprendrait pas vraiment que l'industrie ne demandât pas à sa comptabilité cette notion, en débitant ses comptes d'atelier de la valeur de tout ce qui y entre, et en les créditant de la valeur de tout ce qui en sort.

En agriculture, au contraire, rien n'est distinct. Les opérations de la culture sont tout ce qu'il y a de plus complexe; elles s'enchevêtrent les unes dans les autres, sans qu'il soit possible de les délimiter ou de les circonscrire, même avec le secours de la science la plus étendue. Il n'y a pas une seule transformation, si simple qu'on la suppose, dont tous les termes soient définis. A côté des éléments qui peuvent être pesés, mesurés ou analysés, il y en a toujours d'autres qui ne le sont pas et ne peuvent pas l'être. Les quantités sont de celles qu'on attribue, mais non de celles qu'on constate. Pour les valeurs, c'est encore bien autre chose. La plupart des matières premières que transforme l'agriculture n'ont pas de cours régulier sur le marché. Il y en a même qui n'ont jamais cours sur

aucun marché, parce qu'on ne les y vend pas et qu'elles ne peuvent pas s'y vendre. Quand on ajoute à toutes ces impossibilités celles qui résultent de l'attribution des dépenses générales ou indistinctes, loyer, main-d'œuvre et frais généraux, au débit des divers comptes qui sont censés en avoir profité, on reconnaît bien vite, avec un grain de bonne foi, que la constitution d'un compte de production agricole est un problème à un nombre infini d'inconnues.

Faute de pouvoir résoudre ces difficultés, on les tranche. Mais les comptes ne sont plus alors l'expression des faits; ils sont simplement la résultante des procédés de comptabilité. La balance de ces comptes n'est plus alors qu'une balance *folle*, qui au lieu d'accuser le gain ou la perte de l'opération, attribue les gains et les pertes que l'on veut, ou tout au moins les gains et les pertes qui, au lieu de résulter de la manière dont l'opération a été conduite, proviennent tout simplement de la manière dont le compte a été fait.

C'est encore là, comme on le voit, l'éternelle question de la méthode entre l'objectif et le subjectif, entre le fait et l'hypothèse, entre la science et l'empirisme. Les comptes de crédit sont essentiellement objectifs ; les faits qu'ils expriment n'ont pas besoin d'interprétation ou d'arrangement, et tout le rôle du comptable se borne à les enregistrer sous leur forme naturelle. Les comptes de production agricole sont, au contraire, purement subjectifs; au lieu de faits précis et réels, ils ne mettent en œuvre que des opinions, des suppositions et des hypothèses. Cent comptables différents établiront les comptes de crédit d'une maison de banque ou de commerce de la même manière, sans qu'il y ait un centime de différence, non-seulement dans la balance des débits et des crédits, mais encore dans le solde de chacun des comptes débiteurs ou créanciers. Employez-les à tenir les comptes de production d'une ferme, et vous n'en trouverez pas deux qui établissent un seul de ces comptes, le plus simple que vous pourrez trouver, de la même façon, avec des débits et des crédits identiques. Il est même admis que chaque comptable doit avoir sa méthode, sinon pour les éléments à porter au débit ou au crédit de chaque compte, au moins pour en déterminer les quotités et les valeurs. Quels enseignements peut donner une méthode qui, au lieu de dégager les faits, ne fait qu'exprimer les opinions et qui, l'expérience l'a prouvé, peut servir d'appui aux doctrines les plus contradictoires?

On se trompe donc quand on dit que les comptes de production

agricole sont le calque des comptes de crédit de la banque ou du commerce. On a beau représenter les entrées d'un magasin par un débit et ses sorties par un crédit, en établissant pour les autres comptes les crédits et des débits corrélatifs, on ne fera pas que le débit qui entraîne un crédit et le crédit qui entraîne un débit soient autre chose qu'une pure fiction. Toute la question est là. En matière de banque on ne se borne pas à opposer des débits aux crédits et réciproquement : débits et crédits sont l'expression de faits réels, dettes ou créances, et un véritable contrôle d'affaires, l'idée de dette étant corrélative de celle de créance, et l'existence d'un créancier impliquant nécessairement celle d'un débiteur. Il n'en est pas de même dans les opérations de production, où le gain ne contrôle pas la perte, puisqu'il n'en dépend pas. C'est au jeu et à la guerre que l'idée de gain est corrélative de celle de perte, et que l'une ne peut pas se supposer sans l'autre. Tous les joueurs de whist qui ont une teinte de comptabilité savent combien il est naturel de tenir les comptes de jeu en partie double. On dirait que c'est une simple confusion de mots qui a entraîné tout ce gâchis de choses.

Ce qui est plus remarquable et va nous donner l'explication des agissements de l'industrie, qui, avec plus de facilité pour faire des comptes d'atelier en partie double que n'en a l'agriculture pour établir ses comptes de production, s'abstient cependant de demander au double jeu des débits et des crédits la notion des gains et pertes, c'est que cette notion des comptes en bénéfice et des comptes en perte est absolument dépourvue de valeur en économie rurale. Quand même toutes les opérations agricoles pourraient se délimiter, quand même tous les éléments des comptes qui s'y rapportent seraient objectifs et non subjectifs, il ne servirait absolument de rien au cultivateur de savoir quels sont ceux des comptes qui se soldent en gain et ceux qui se soldent en perte. Rien n'est plus puéril que de s'imaginer que c'est le profit partiel des opérations qui détermine le cultivateur dans le choix de ses combinaisons de culture, et qu'il pourra étendre indéfiniment celles qui lui donnent du bénéfice, en restreignant de plus en plus celles qui lui font subir des pertes.

Ce qui fait qu'on se trompe encore sur ce point, c'est qu'on méconnaît la solidarité des opérations de culture et leur dépendance réciproque. Il est facile de voir cependant qu'il y a des rapports étroits, par exemple, entre le bétail et les cultures, et que le cultivateur ne voit point là des opérations distinctes et des résultats

partiels, mais une seule opération et un seul résultat général. Les fourrages et les résidus de certaines cultures ne peuvent être utilisés que par le bétail; la culture des terres permet seule de tirer parti des forces du bétail et du résidu de ses consommations sous la forme de fumier. S'il faut des cultures pour le bétail, il faut donc aussi du bétail pour les cultures. Il y a même entre l'étendue relative ou proportionnelle des diverses cultures et le poids du bétail nourri un rapport étroit qu'on ne peut méconnaître, un équilibre qu'on ne romprait pas impunément. D'une manière générale, plus le sol est apte à produire des fourrages, plus le poids du bétail entretenu sera considérable. Mais on ne saurait, sans s'égarer, ni faire plus de fourrages que n'en comporte la proportion utile de bétail, ni avoir plus de bétail que n'en permet la quantité de fourrages. De même que le poids du bétail nourri est déterminé par le poids du fourrage disponible, de même le fumier obtenu de la consommation des fourrages par le bétail détermine aussi la mesure du grain et des autres produits récoltés. Il y a même des circonstances nouvelles, tirées des qualités physiques du sol, de la nature des engrais, de la proportion de forces dont on dispose, etc. qui font que le cultivateur, au lieu de s'adresser exclusivement aux cultures les plus productives, c'est-à-dire à celles qui donnent le produit en argent le plus considérable, est forcé, dans l'intérêt général de l'exploitation, de faire, à côté de ces cultures, une place à d'autres qui sont moins avantageuses. C'est ainsi qu'à une surface quelconque consacrée au lin et aux betteraves correspond nécessairement une certaine proportion de céréales; et parmi ces dernières les cultures de printemps coudoieront les cultures d'hiver; l'avoine aura sa place à côté du blé.

Cela étant, quel intérêt y a-t-il de savoir si le bétail gagne plus que les cultures de fourrages, ou les cultures de fourrages plus que le bétail? Que le bétail gagne ou perde pendant que les fourrages perdent ou gagnent, ou bien que bénéfice et perte soient répartis également, proportionnellement ou équitablement, si tant est que l'équité ait quelque chose à voir en cette affaire, en faudra-t-il moins produire juste autant de fourrages qu'il est nécessaire pour nourrir le bétail que l'on a, ou avoir juste autant de bétail qu'il faut pour consommer utilement les fourrages de la culture? Quand même la sole de plantes sarclées serait plus profitable que la sole de céréales, ne serait-on pas limité sur ce point par la quantité de fu-

mier dont on dispose, par le nombre d'attelages que l'on possède, par la main-d'œuvre dont on peut s'assurer l'emploi? Ces cultures laissent des engrais disponibles dans le sol : n'est-ce pas le cas de les faire suivre d'une culture qui utilisera ces engrais en les transformant en produits de vente? De même que le bétail commande les fourrages et réciproquement, de même le fumier commande les racines, celles-ci les céréales, et ces dernières, à leur tour, le bétail et les fourrages.

Il est facile de comprendre qu'avec un équilibre imposé par des circonstances si diverses, entre toutes les opérations d'une ferme, on ne saurait modifier l'une sans porter atteinte à toutes les autres, sans modifier, par conséquent, l'exploitation elle-même. Qu'on fasse le moindre changement dans la proportion du bétail, dans l'étendue consacrée aux racines, aux céréales ou aux fourrages, et l'exploitation ne sera plus la même : ce sera véritablement une exploitation différente, valant mieux peut-être, mais pouvant aussi valoir moins. Le jeu de la machine ne sera plus le même, parce que l'un des appareils aura été modifié.

Quand même le profit d'une opération, calculé avec exactitude, serait considérable, on n'en saurait conclure que l'extension de l'opération sera finalement avantageuse, puisque tout le système serait bouleversé et qu'il pourrait se produire dans les opérations connexes et dans les comptes qui s'y rapportent des pertes qui compenseraient, et même au delà, le bénéfice espéré.

S'il en était autrement, est-ce que le cultivateur, au lieu de varier ses spéculations et ses cultures, n'adopterait pas uniquement celles qui, lui donnant le produit en argent le plus considérable, lui permettent d'espérer le bénéfice partiel le plus élevé? Est-ce qu'il ne sait pas que le lin rend plus que le blé, le blé plus que l'avoine? Et s'il dépendait de lui de rompre l'équilibre nécessaire entre ces diverses cultures, est-ce qu'il ne sacrifierait pas l'avoine au blé, le blé lui-même au lin?

Rien n'est donc plus chimérique que la prétention de trouver dans les soldes des comptes de production un contrôle des opérations de culture et un guide pour déterminer le cultivateur dans le choix de ses combinaisons. Le profit d'une entreprise ne se compose pas de gains partiels, parce qu'il ne saurait y avoir de gains partiels quand les opérations ne sont ni distinctes, ni indépendantes; c'est le résultat définitif d'une série d'opérations très-complexes, mais

solidaires et dépendantes, ayant pour objet la production agricole.

Cela explique pourquoi tous ceux qui ont fait usages des comptes de production en partie double ont toujours tourné le dos aux enseignements de leurs livres. J'ai assez cité de faits empruntés aux *Annales de Roville* ou à celles de *Grignon* pour qu'il ne soit pas nécessaire d'y revenir. Mais combien d'autres faits m'ont été révélés ou confiés, qui sont bien plus significatifs! Combien de cultivateurs, séduits par l'espoir de trouver dans la comptabilité en partie double le secret de remplir leur caisse, se sont acharnés pendant dix ans, quinze ans même, à bâtir des comptes de culture et de bétail, et, de guerre lasse, après avoir épuisé toutes les combinaisons d'écritures, sans jamais entrevoir l'ombre même de la moindre vérité agricole, ont fini par jeter leur grand-livre au feu!

Si ces comptes présentaient la moindre utilité, on ne comprendrait pas que les cultivateurs les plus intelligents de tous les pays s'obstinent à n'en pas vouloir. L'agriculture est la plus complexe et la plus difficile de toutes les industries; plus que toute autre elle a besoin d'éclairer sa marche par une comptabilité sérieuse. Les commerçants et les industriels ne reculent pas devant la dépense qu'exige une tenue de livres qui leur permet d'établir avec exactitude leur situation générale et les comptes de leurs clients. Si les cultivateurs dédaignent les comptes de production en partie double, ne serait-ce pas uniquement parce que ces comptes n'ont pas la même utilité et ne répondent pas aux mêmes besoins que les comptes de crédit, dont ils ne sont que la contrefaçon? Entre les cultivateurs qui ne veulent à aucun prix d'un pareil système, et les auteurs ou amateurs qui prêchent l'usage de la comptabilité en partie double, sous le prétexte d'imiter le commerce et l'industrie, les plus clairvoyants ne sont-ils pas ceux qui ont le plus d'intérêt à l'être, parce que c'est leur bourse qui paye leurs fautes?

III

Des notions à demander à la comptabilité pour contrôler les opérations de culture.

Dans les pays où la ferme est doublée d'une usine, le cultivateur fait parfois les opérations commerciales les plus étendues. La ferme n'alimente pas seule la fabrique de sucre ou d'alcool; il faut deman-

der des betteraves aux exploitations du voisinage. Dans tous les cas la vente des produits donne lieu à des livraisons successives. Ces affaires se traitent presque toujours à terme. Il y a donc là des comptes de crédit à tenir, et une place à occuper pour la forme des parties doubles. C'est le seul moyen qu'ait l'agriculture de calquer exactement la comptabilité du commerce et de l'industrie. J'ajoute même que si une entreprise agricole n'avait qu'un petit nombre de fournisseurs et de clients, je ne dissuaderais pas de recourir à la forme des parties doubles, parce qu'il n'en pourrait résulter que des avantages sans un grand inconvénient. Je suis grand admirateur de cette forme de comptes quand on se borne à l'appliquer aux opérations de crédit dont elle est l'expression la plus complète et la plus précise ; je n'ai horreur que des confusions de mots et de choses qu'on a voulu abriter sous son nom.

Quant aux comptes de production agricole, ils ne doivent point se glisser au milieu des comptes de crédit. La notion des gains partiels est à la fois une chimère et une hérésie ; il n'y a pas de gains partiels là où il n'y a pas d'opérations distinctes, et dans tous les cas, la balance des comptes de crédit n'est point faite pour indiquer les pertes et les gains de la production. C'est dans la nature même des opérations de la culture, ou, si l'on veut, dans les faits de la production agricole, que le cultivateur trouvera le moyen de contrôler la valeur de ses combinaisons, et d'éclairer sa marche pour arriver au profit le plus élevé.

Je vais répéter ici une démonstration que j'ai déjà faite dans la *Comptabilité de la ferme* et dans *Les entreprises de culture et la comptabilité*. Mais c'est le propre des démonstrations de ce genre qu'il faut les répéter souvent, si l'on veut qu'elles fassent leur chemin. Cela tient à la nature même des études économiques, qui sont peu en honneur, malgré leur extrême importance, soit parce qu'elles sont difficiles, soit parce qu'elles se heurtent à des opinions toutes faites ou à des préjugés très-invétérés dans le public. Il est remarquable que dans un siècle où l'esprit d'investigation a poussé si loin les bornes de la science, où le chimiste décompose dans son creuset tous les corps de la nature pour en recueillir, en peser et en étudier les éléments, parfois invisibles et presque impondérables, la science économique ait encore dit si peu de chose sur l'art de produire des écus par la culture du sol.

C'est bien la question des écus qui est en jeu dans tous les détails

de l'exploitation, dans toutes les combinaisons de la culture. Faire du blé, du vin, du sucre, de la laine et de la viande, n'est pour le cultivateur qu'un moyen : le but véritable, c'est de créer des valeurs sous la forme de denrées, d'en créer le plus possible et aux moindres frais. A cette condition seulement il pourra élever sa condition, étendre son industrie, et trouver dans ses profits la rémunération légitime de son travail, de ses capitaux et de son habileté.

Si donc la création de valeurs est le but même de la culture, si c'est là l'objet des efforts du cultivateur, nous devons en conclure que la constatation précise et rigoureuse des valeurs créées est le premier service à demander à toute comptabilité qui aura l'ambition de contrôler les opérations de la ferme. Quel est le produit en argent qui s'obtient avec telle ou telle combinaison dans un lieu donné? Voilà ce qu'il importe de savoir avant toute chose.

Notion du produit brut. — Cette notion du produit brut (c'est le nom consacré par l'usage) doit être définie, pour être mise à la portée des lecteurs peu familiarisés avec le langage économique. Quand on dit valeurs créées par un système de culture, on entend les valeurs réellement créées, sous quelque forme qu'elles se présentent, mais ces valeurs-là seulement. La valeur ou le prix des produits de vente y figure en première ligne et en constitue la part la plus importante, au moins dans les fermes de quelque étendue. Les produits de la ferme qui sont consommés par le ménage du cultivateur ou par ses aides y ont aussi leur place ; ce sont bien là des valeurs créées par la culture. Il n'en est pas de même des consommations du bétail, et, d'une manière générale, de toutes les denrées qui sont l'objet de transformations dans l'exploitation même, puisque ces denrées devant se compter sous la forme de produits, au terme de l'évolution agricole, on ne saurait les compter comme matières premières à chaque transformation qu'elles subissent. Ni le fumier, ni les fourrages, ni les semences, ni le travail des animaux, ne sont des *produits* de la culture : ce sont des *moyens de production* qui se consomment et se renouvellent incessamment dans une exploitation. Le lait, la viande, la laine, le croît des animaux, etc., sont, au contraire, des produits, et la valeur doit en être portée au compte de la production, ainsi que les grains vendus ou à vendre, consommés ou à consommer par le personnel. Ce n'est pas encore tout. Si l'exploitation ne se soutient pas, si elle importe du bétail et des engrais, il faut défalquer le prix de ces importations

pour avoir la notion exacte et précise de toutes les valeurs créées par le système de culture.

Dégager le chiffre qui exprime exactement le produit brut d'une exploitation agricole n'est pas précisément chose très-facile, à cause des formes diverses que peuvent revêtir certaines valeurs créées. Mais c'est là un problème à poser aux comptables, dont la sagacité trouvera matière à s'exercer dans les dispositions de livres ou d'écritures qui sont les plus propres à donner non-seulement avec exactitude, mais encore avec rapidité, la notion du produit brut.

C'est une notion capitale, car elle a pour objet d'exprimer la richesse agricole d'un système de culture. Elle permet dès lors de comparer entre elles toutes les exploitations, en les classant suivant leur degré de richesse. Elle permet aussi de contrôler d'une façon rigoureuse la marche d'une entreprise. Quand le produit monte, la culture est progressive, et le progrès a pour mesure précise l'élévation même du produit. Quand le produit diminue, la culture périclite.

Pour comparer les diverses exploitations et les classer suivant leur degré de richesse, il suffit de diviser le produit brut total par le nombre d'hectares qui ont concouru à la création. On a alors la *richesse spécifique* de la culture, ou le produit brut ramené à l'hectare. Il suffit de dire, par exemple, que deux exploitations produisent, l'une 150 francs et l'autre 600 francs par hectare, pour avoir l'idée la plus nette et la plus précise en même temps de leur degré de richesse. Si l'on se bornait, au contraire, comme on l'a fait jusqu'ici dans la plupart des cas, à décrire les combinaisons de culture des deux fermes, à énumérer les plantes cultivées en indiquant les surfaces et les rendements, ainsi que le nombre et même le poids du bétail nourri, on n'aurait aucune idée juste de la richesse relative des deux exploitations. Faute de mesure commune, toute comparaison deviendrait impossible (1).

(1) On a pu remarquer qu'à l'exposition récente des sciences géographiques, aucune des nombreuses cartes exposées ne représentait avec exactitude et netteté la richesse agricole d'un pays ou même simplement d'un coin de territoire. Les cartes basées sur la répartition du sol et sur la proportion des cultures ne disaient rien de précis : tout le monde sait qu'un hectare de blé n'est pas la même chose dans le département du Nord que dans l'un des départements de la Bretagne; que les pacages de l'Auvergne ne ressemblent pas aux herbages de la Normandie; et qu'enfin pour avoir une idée exacte de la richesse en prairies de la Hollande, il est nécessaire d'indiquer la valeur du produit qu'on en tire. M. Delesse, abstraction faite des chiffres qu'il a mis en œuvre, et à ne considérer que la

C'est surtout pour le contrôle des changements apportés à la culture, des améliorations exécutées dans une exploitation que la détermination de la richesse spécifique a de l'importance. Il est évident que le premier soin du cultivateur qui a exécuté une amélioration foncière ou qui a substitué une culture à une autre, doit être de rechercher si le produit brut à l'hectare a augmenté et dans quelle mesure.

Des frais d'exploitation. — Immédiatement après la notion du produit, vient celle des frais de culture.

Sous ce titre général, il faut comprendre :

1° La rente, quand le cultivateur est fermier;

2° L'impôt, quand il vient s'ajouter à la rente payée par le fermier;

3° Les salaires, comprenant non-seulement les gages des domestiques et le prix de la main-d'œuvre des journaliers, mais encore les frais de nourriture de ceux des aides de la culture qui sont nourris à la ferme;

4° Les dépenses accessoires ou diverses qui concernent l'entretien des bâtiments et du matériel, les frais de médecin et de vétérinaire, etc.

Il n'y a pas lieu de comprendre dans les frais de culture les frais

méthode qu'il a employée, a approché du but, en prenant pour base de ses teintes le revenu du sol. Si le rapport de la rente au produit était constant, rien de mieux assurément : les variations du revenu indiqueraient les variations de la richesse. Mais il n'en est rien, ainsi que le démontrera la publication prochaine du cours d'économie rurale que je professe à Grignon. Dans le système de culture le moins productif que je connaisse, la culture indigène de l'Algérie, la rente est de 80 pour 100 du produit; à l'extrémité opposée de l'échelle, dans la culture maraîchère des environs de Paris, elle n'est plus que de 10 pour 100. L'étude de tous les systèmes de culture intermédiaires entre ces deux termes extrêmes de la richesse démontre que *le rapport de la rente au produit diminue, au fur et à mesure que la densité de la richesse agricole augmente.* Mais la loi générale est modifiée dans quelques cas par certaines circonstances et notamment par la proportion plus ou moins considérable suivant laquelle les produits animaux figurent dans le produit total. Quoi qu'il en soit, il n'en est pas moins exact de dire que les variations du revenu ne sont pas proportionnelles aux variations de la richesse.

Je n'ai pas d'ailleurs l'intention, en faisant l'observation qui précède, de critiquer les savants qui ont pris part à l'exposition de la Société de géographie. Ils ont fait comme ils ont pu et n'ont pu qu'utiliser les renseignements qu'ils avaient. Je ne veux que signaler une lacune bien regrettable dans les études d'économie rurale. Il est vraiment fâcheux qu'aucune des nations qui sont à la tête de la civilisation et de la science n'ait encore jeté les fondements d'une statistique rationnelle de la richesse agricole pour les diverses parties de son territoire. (*Note de l'auteur.*)

de ménage et les dépenses personnelles du cultivateur et de sa famille. Cet article doit former un des éléments du profit.

La notion des frais d'exploitation n'est pas moins importante que celle du produit. Le cultivateur vise non-seulement à créer beaucoup de valeurs, mais à les créer aux moindres frais possibles. Il doit dès lors fixer ses yeux non-seulement sur la marche du produit, mais encore sur la marche des frais.

La catégorie de dépenses sur lesquelles le cultivateur a le plus d'action, c'est celle qui comprend les salaires. Il peut agir de deux façons sur cet élément de dépenses : en choisissant les cultures les moins exigeantes sous le rapport de la main-d'œuvre, ou bien en remplaçant de plus en plus le travail des hommes par celui des animaux et des machines. Dans ce dernier cas, la diminution de main-d'œuvre entraîne nécessairement une augmentation de capital.

La rente est fixée pour la durée d'un bail. Quand le bail est passé, le cultivateur n'a plus la faculté de restreindre cet élément important des frais de culture; il n'a plus qu'à payer le fermage convenu à son propriétaire. Il est cependant fort important de dégager la rente de la masse des frais pour la rapprocher du produit, ce rapprochement devant permettre de juger si le prix de fermage est plus ou moins fort, et par conséquent si l'entreprise a été bien ou mal conduite sur ce point. En prenant pour base de mes jugements les nombreux faits que j'ai pu recueillir, la rente qui ne dépasse pas le tiers du produit n'a rien d'exagéré dans les pays à culture moyenne. On peut payer à peu près 100 francs de fermage par hectare, dans les pays où la richesse spécifique de la culture est de 300 à 350fr. Mais quand on arrive à un produit de 500, 600 ou 700 francs par hectare, la rente doit s'abaisser peu à peu au quart, si le fermier ne veut conclure une mauvaise affaire. Dans le nord, on ne paie 180 à 200 francs de rente que quand on peut avoir de 700 francs à 800 francs de produit. Ce n'est là du reste que l'application de la loi que j'ai formulée plus haut (voir la note de la page 600) sur le rapport de la rente au produit dans les divers systèmes de culture.

Du profit. — Théoriquement; le profit ou le bénéfice de l'entreprise est la différence entre le produit brut et les frais. On peut dire dès lors qu'il suffirait d'avoir les deux premières notions pour en déduire la troisième en bloc. Mais le profit prend des formes diverses

dans une exploitation agricole : il est nécessaire de faire encore sur ce point des distinctions.

Une part du profit est consacrée aux dépenses de ménage et de famille du cultivateur.

Une autre part est parfois consacrée à l'amélioration de son matériel et à l'augmentation de son bétail.

Enfin une autre part est annuellement réalisée sous la forme d'espèces destinées à des placements plus ou moins immédiats, en dehors des opérations de culture proprement dites.

Ces deux dernières divisions constituent l'épargne.

Voici la raison de ces distinctions.

Quand on veut apprécier l'habileté du cultivateur comme industriel, c'est-à-dire comme chef d'une entreprise de culture, il faut comprendre dans le profit ses frais de ménage et ses dépenses de famille. Si l'on se bornait à juger la valeur de l'industriel par le chiffre de ses épargnes, la base du jugement serait vicieuse. Il y a en effet des circonstances de famille, indépendantes de la capacité de l'agriculteur, qui l'obligent à tenir un train de maison plus ou moins considérable, et par conséquent à prélever pour les besoins de sa famille une part plus ou moins grande du profit au détriment de l'épargne. Le cultivateur qui aurait de nombreuses charges de famille serait évidemment mal jugé, s'il était jugé sur le seul chiffre de ses épargnes.

D'un autre côté, il faut distinguer avec soin les deux directions que prend l'épargne. La réalisation annuelle d'une part importante du profit sous la forme d'espèces, afin de constituer des placements qui consolideront la fortune du cultivateur, est le dernier terme d'une administration rurale intelligente. C'est afin de se créer ainsi, en dehors de leur capital industriel, une fortune assise, que les cultivateurs vraiment habiles entreprennent l'exploitation du sol. Mais on conçoit aisément qu'il soit parfois d'une sage administration de consacrer une partie de l'épargne à l'amélioration du matériel ou à l'accroissement du bétail en poids et en valeur. Tant que les augmentations du capital engagé dans l'industrie servent l'intérêt du cultivateur en déterminant des accroissements correspondants de production et de profit, l'épargne se transforme très-heureusement en outillage et en bétail. Le cultivateur ne serait fondé à donner à son épargne la destination d'un placement que si son capital suffisait aux besoins de son entreprise, en sorte qu'une augmentation de l'outillage, au lieu de faire monter le niveau du

profit, le fît baisser. Il y a donc encore sur ce point des observations à faire et, par conséquent, un contrôle à exercer.

Du capital de culture. — Le capital engagé par le cultivateur dans les opérations de production agricole doit être déterminé avec soin, non-seulement dans son ensemble, mais encore dans ses principales subdivisions. Il ne suffit pas de savoir ce que donne de produit et de profit telle combinaison ou telle modification de culture, il faut encore se rendre compte des changements qu'elle détermine dans la masse et dans la distribution du capital.

Les idées propagées dans le public, depuis cinquante ans, sur le rôle du capital en agriculture, sont loin d'être justes. On croit communément qu'il suffit d'avoir beaucoup de capitaux pour réaliser de gros profits, et que la plupart des entreprises qui périclitent ne doivent leur insuccès qu'à l'insuffisance de capital. On attribue ainsi au capital en lui-même, abstraction faite de l'habileté qui préside à son emploi, une puissance qu'il est loin d'avoir. Toutes les catastrophes qui ont eu lieu, en France et à l'étranger, dans des entreprises où le capital ne faisait certes pas défaut, au moins à l'origine, prouvent, au contraire, que si le capital est un instrument de production d'une grande puissance, c'est à la condition d'être employé avec sagesse et modération. Les entreprises qui échouent ne sont pas celles qui ont le moins de capitaux, celles qui réussissent ne sont pas celles qui en ont nécessairement le plus. L'excès de capital n'est même pas un élément de succès, c'est une source de pertes et une cause de ruine. Ayez plus de bétail que l'exploitation n'en peut nourrir, plus d'instruments que n'en comportent les besoins de votre culture, plus d'argent en caisse qu'il n'en faut pour faire marcher tous les services de la ferme, et vous verrez alors s'évanouir les bénéfices et même se fondre le capital.

Le capital est un moyen de production et de profit. Le cultivateur ne vise point à employer de gros capitaux quand même, mais à employer fructueusement ses capitaux. On peut même dire que l'idéal serait d'obtenir le produit le plus considérable et le profit le plus élevé avec le moindre capital possible. Il en résulte que la meilleure manière de contrôler l'emploi du capital en agriculture consiste à comparer le nombre qui l'exprime aux nombres qui expriment le produit brut et le profit. Plus le produit et le profit seront élevés comparativement au capital, plus l'emploi du capital aura été fait d'une façon intelligente.

Le rapport du profit obtenu au capital employé se fait d'une façon très-simple et très-utile sous la forme de dividende, qui n'est pas autre chose que la part du profit qui revient à l'unité de capital, c'est-à-dire habituellement 100 francs. C'est encore là une sorte de balance qui pèse avec précision le résultat final de la culture, et qui permet d'apprécier la valeur des changements apportés à l'organisation d'une ferme par les modifications qui en résultent dans le taux du profit.

Le capital engagé dans une entreprise prenant des formes diverses dont la destination n'est pas la même et dont l'influence n'est pas identique, les modifications apportées dans la distribution du capital par les changements de culture sont nécessaires à constater, pour apprécier ces changements sous toutes leurs faces et dans tous leurs effets.

On peut classer dans cinq divisions tous les capitaux qui servent à l'exploitation du sol.

La première comprend le mobilier du ménage proprement dit. C'est là un capital qui ne joue aucun rôle utile dans la production, et ne sert qu'au bien-être du cultivateur et de sa famille. Le cultivateur riche, qui n'a pas besoin de tous ses capitaux pour son industrie, pourra sans inconvénient se permettre un certain luxe sur ce point ; mais le cultivateur peu aisé, qui vise, avant tout, à faire l'emploi le plus fructueux du capital qu'il possède, aura le soin de réduire son mobilier au strict nécessaire.

La deuxième division comprend le matériel de culture, l'outillage agricole proprement dit. C'est une des formes non-seulement les plus nécessaires, mais encore le plus utiles du capital d'exploitation. Il ne faudrait pas en conclure cependant qu'il n'y a point d'excès à éviter à cet égard, et que plus le cultivateur achètera d'instruments et de machines, mieux son entreprise sera conduite. L'outillage doit répondre aux besoins sérieux de l'exploitation, c'est-à-dire permettre d'accomplir tous les travaux de la culture, en économisant, autant que possible, l'emploi des forces humaines. Les besoins de la culture satisfaits, ni le luxe, ni le matériel inutile ne doivent absorber une part quelconque du capital d'exploitation. Le cultivateur a trop souvent l'occasion d'employer avec fruit son argent, pour ne pas éviter avec le plus grand soin les dépenses stériles et ruineuses.

La troisième division comprend le bétail de toute destination et de toute nature. Le bétail de trait, uniquement destiné à produire

des forces, est une charge pour la culture : il faut en avoir ce qui est nécessaire, mais rien au delà. Quant au bétail de rente, c'est-à-dire aux animaux producteurs de revenu, l'intérêt du cultivateur est d'en avoir le plus possible et de la meilleure qualité. Le bétail exerce une action des plus heureuses sur la production et sur le profit. Plus la part faite au bétail de rente dans la distribution du capital sera considérable, plus le produit et le profit seront élevés.

La quatrième division comprend les provisions de ménage, les semences, et en général tout le fonds de denrées nécessaires à la consommation du personnel de la ferme et de la famille du cultivateur. A l'entrée en exploitation, on se borne à faire à cette division du capital de culture la part nécessaire, mais rien au delà, parce qu'elle n'a d'action directe ni sur la production, ni sur le profit. Durant le cours de l'exploitation, les produits de la culture qui sont destinés à la vente peuvent grossir considérablement l'importance de cette division. Mais ce n'est là qu'une destination passagère, les produits dont je parle devant bientôt se réaliser en espèces et passer dans la division qui suit.

Cette dernière division comprend l'argent en caisse destiné à payer le propriétaire, les ouvriers et les fournisseurs. La caisse est alimentée par la vente des récoltes ou des produits animaux. Le cultivateur intelligent se ménage toujours la disposition d'espèces suffisantes non-seulement pour satisfaire aux besoins courants de l'exploitation, mais encore pour parer à l'imprévu et aux affaires. Mais il n'est ni indispensable, ni utile de laisser dans sa caisse de grosses sommes d'argent sans emploi. Des placements temporaires en compte-courant chez un banquier permettent même d'en tirer un certain parti. Ce qui est essentiel, c'est que la caisse soit alimentée en abondance, afin qu'après avoir pourvu à toutes les dépenses de la ferme, elle verse encore de beaux dividendes au cultivateur, à la fin de chaque exercice.

IV

Contrôle financier de l'entreprise de culture.

En ramenant tous les termes de la production agricole aux quatre notions du produit, des frais, du profit et du capital, je ne me suis préoccupé que du résultat financier d'une entreprise de culture, et

des enseignements que le cultivateur doit trouver dans le rapprochement de ces notions, non-seulement pour établir la valeur de ses opérations, mais encore pour les diriger dans la meilleure voie. Au-dessous du contrôle financier de la ferme, il doit y en avoir un autre, sur l'importance duquel tout le monde est d'accord, et qui porte sur les transformations et les déplacements de matières premières. Des registres de magasin, tenus par entrées et par sorties, donneront aisément le moyen de l'établir, de vérifier les entrées d'un compte par les sorties d'un autre, de s'assurer ainsi qu'il n'y a eu ni dilapidation, ni avarie, ou de remonter à la cause des pertes, si des manquants viennent à se produire. Quand on voudra calculer à quel poids de tel ou tel fourrage consommé correspond la production d'un litre de lait ou d'un kilogr. de viande, quel est le poids de fumier produit par hectare de superficie, etc., quand on voudra, en un mot, chercher la relation de cause à effet entre deux opérations portant sur des transformations de matières qui peuvent être pesées ou mesurées, on devra trouver dans les livres de la comptabilité-matières pour tous les éléments nécessaires à ces comparaisons et à ces calculs. Il suffira d'enregistrer tous les faits de cet ordre, sous leur forme naturelle et vraie, pour qu'on puisse les consulter avec fruit dans certains cas donnés.

Quant au contrôle industriel de l'entreprise, il ne peut se faire évidemment que par les résultats financiers qu'elle donne.

Les résultats financiers d'une exploitation s'établiront par des comptes rigoureux de produit, de frais, de profit et de capital. Quelle que soit la diversité de lieux, de climats, d'opérations et de procédés; quelle que soit l'espèce et la race d'animaux, la nature ou la proportion des cultures; quelle que soit, en un mot, l'infinie variété des combinaisons à l'aide desquelles on exploite le sol, il y a toujours quatre termes auxquels toutes les opérations viennent aboutir : le produit qui représente la richesse créée; le capital qui exprime la masse des ressources financières qui ont été mises en œuvre pour la production; les frais qui comprennent toutes les dépenses annuelles que le produit doit couvrir; enfin, le profit ou la part du produit qui reste aux mains du cultivateur, après prélèvement des frais, pour rémunérer son industrie, son habileté et ses capitaux. Pour apprécier la valeur d'une entreprise il est indispensable d'établir avec précision ces quatre termes qui résument le jeu financier de toutes les exploitations.

Non-seulement la valeur d'une entreprise de culture se contrôle ou plutôt se définit par ces quatre termes, mais encore chacun de ces termes est un moyen de contrôle pour les autres. Il est évident que le produit ne peut laisser du profit au cultivateur, pour rémunérer ses capitaux, qu'après prélèvement des frais annuels de culture. Si la rémunération est insuffisante, c'est uniquement parce que les combinaisons adoptées sont vicieuses : il faut réformer alors son entreprise, en choisissant, parmi les combinaisons qui se présentent, celles qui sont les plus propres à augmenter le produit sans augmenter d'autant les frais, ou à diminuer les frais sans amener une diminution équivalente dans la production. Il en est de même pour le capital, qui est nécessairement mal adapté à la culture quand l'entreprise n'est pas suffisamment rémunératrice. C'est une preuve qu'il y a du capital improductif ou mal employé. Le cultivateur devra dès lors, s'il ne peut agir, ni sur la production, pour l'élever, ni sur les frais, pour les faire descendre, dégager de son exploitation les capitaux qui n'y ont pas d'emploi utile. C'est sur le niveau du profit que le cultivateur doit sans cesse attacher les yeux : toute entreprise qui ne réalise pas de profit est condamnée à la ruine, si on ne la réforme au plus vite.

Mais comment se guidera le cultivateur dans le choix des combinaisons à adopter, pour réformer son entreprise, ou même simplement pour l'améliorer ? Comment fera-t-il pour savoir s'il a avantage à accroître sa production animale en étendant sa sole de fourrages, ou s'il a plus de profit à avoir un peu moins de vaches et un peu plus de moutons?

C'est uniquement par les comptes de produit, de frais, de profit et de capital que le cultivateur pourra résoudre avec précision ce problème. Quelle que soit la modification apportée à la marche d'une exploitation rurale, ses effets ne peuvent être appréciables que par les modifications qu'elle imprime au produit, aux frais, au profit et au capital. Il n'y a donc qu'à observer la marche que suivent ces comptes, au fur et à mesure que la culture évolue dans telle ou telle direction, pour voir dans quelle mesure la modification est utile ou désavantageuse, si elle améliore l'entreprise ou si elle la compromet. Les comptes qui résument le jeu financier de l'entreprise et qui embrassent toutes les données du problème de la production agricole sont évidemment les seuls guides précis que puisse invoquer le cultivateur en pareil cas.

L'analyse financière d'une exploitation rurale peut et doit se faire aussi rigoureusement que les analyses chimiques de laboratoire. Les questions d'argent sont le fond des opérations de culture et la véritable raison d'être de toutes les entreprises agricoles. On se borne à la superficie des choses quand on ne va pas au delà de la nature et de la succession des récoltes, de la qualité des façons, du choix des animaux. L'exploitation la mieux dirigée n'est pas celle qui a le plus beau bétail, les plus belles cultures, les bâtiments les plus spacieux, l'outillage le plus complet et le mieux verni; c'est celle où le capital est utilisé de telle sorte que l'écart entre le produit et les frais, c'est-à-dire le profit, soit le plus considérable possible. C'est surtout en agriculture qu'il importe d'aller au fond des choses et de ne pas confondre les apparences avec la réalité. De belles cultures qui ne laissent pas de beaux profits, ce n'est pas de la saine économie rurale. Dépenser de l'argent dans la culture est à la portée de tous ceux qui en ont : en gagner, voilà l'essentiel. La mesure du succès, la marque de l'habileté, c'est le profit.

Pour montrer combien il serait utile de faire des comptes rigoureux de produit, de frais, de profit et de capital, il me suffira de prendre comme exemple le maïs dont on nous recommande en ce moment la culture et l'ensilotage. Il est probable, *à priori*, que dans certaines conditions agricoles, c'est-à-dire quand le sol n'est pas propre aux cultures de racines qui permettent d'alimenter le bétail de fourrages frais pendant l'hiver, l'introduction du maïs peut donner de bons résultats. Je dis que c'est probable; mais je me hâte d'ajouter que nous n'en savons rien au juste, et qu'il en sera ainsi tant qu'on ne nous aura pas fait connaître l'influence exercée par cette culture sur le produit, sur les frais, sur le profit et sur le capital d'un certain nombre d'exploitations.

Il est bien évident que quand on a fait 4 à 5 hectares de maïs dans un domaine où cette culture était inconnue, on ne change pas seulement le régime des vaches : l'exploitation tout entière est aussi modifiée. Le capital engagé n'est certainement plus le même : car il a fallu du capital pour les silos, pour les instruments de hachage, pour le poids supplémentaire de bétail à nourrir, peut-être même pour une augmentation de matériel de transport et d'animaux de trait. Quand même aucune modification dans le capital ne devrait s'ensuivre, il n'en faudrait pas moins constater le fait afin d'éclairer les cultivateurs qui seraient tentés de reculer devant la

perspective de nouvelles dépenses à faire. En agriculture on fait comme l'on peut, et s'il faut même compter avec le capital que l'on possède, à plus forte forte raison faut-il compter avec celui que l'on ne possède pas.

Le produit, les frais et le profit ont été aussi modifiés. Le produit n'est certainement plus le même, puisque c'est pour mieux nourrir le bétail, ou pour nourrir plus de bétail qu'on a introduit la culture du maïs-fourrage. Si le produit du bétail ne s'est pas accru, le changement qu'on a fait n'avait pas de raison d'être. Pour savoir si le changement de culture est justifié par les résultats, il faut les constater en étudiant spécialement les modifications survenues dans le produit. De même pour les frais d'exploitation : la culture et l'ensilotage du maïs ont exigé un surcroît de main-d'œuvre et peut-être un achat de sel ou autres matières premières. Si ce supplément de main-d'œuvre a été fourni par le personnel ordinaire de la ferme, c'est-à-dire sans supplément de salaire, c'est au détriment d'autres travaux qui auraient utilisé ces forces, si elles étaient restées disponibles, et qui auraient ainsi contribué à accroître, d'un autre côté, le produit total de l'exploitation. Par suite des modifications survenues dans le produit et dans les frais, le profit a été nécessairement modifié à son tour. Dans quel sens? C'est ce qu'il importe de déterminer par l'expérience. Il est certain que le cultivateur n'a adopté la nouvelle combinaison que dans l'espoir d'obtenir un profit plus élevé. A-t-il atteint son but? L'expérience a-t-elle été avantageuse et dans quelle mesure? Pour le savoir au juste, il aurait fallu faire, *avant et après*, des comptes de capital, de production, de frais et de profit. Faute de ces renseignements précis, le cultivateur ne sait ni ce qu'il fait, ni où il va.

Ces comptes doivent embrasser l'exploitation entière, et non porter simplement sur les opérations qui se rapportent à la culture du maïs, et à la production animale qui en résulte. La raison en est que la culture et la consommation du maïs, loin de s'isoler de l'exploitation, se confondent au contraire avec toutes les opérations qu'elles embrassent.

Supposons en effet qu'on veuille faire un compte de maïs-fourrage, en déterminant la part spéciale de capital et de frais qu'exige cette culture, de produit et de profit qu'elle donne au cultivateur. Aucun de ces éléments du compte ne pourra être établi autrement que d'une façon arbitraire. Il n'y a pas de capital spécialement et

exclusivement affecté à la culture du maïs. Le produit qui résulte de la consommation de ce fourrage ne se détache pas du produit des autres consommations : le maïs n'entrant pas seul, et toute l'année, dans la composition des rations du bétail, son effet dans l'alimentation ne saurait être distinct. Il en est de même pour les frais et le profit : les frais et le profit de cette culture sont confondus dans les frais et dans le profit de l'exploitation.

Eh bien ! quand on aura ainsi opéré en tranchant des centaines de questions, dont aucune n'est soluble ; quand on aura échafaudé toutes les suppositions, là où il faudrait des faits, on n'obtiendra pas le moindre résultat qui mette sur la trace de la voie à suivre. Voici pourquoi :

La culture et l'ensilotage du maïs, dont on a ainsi fait le compte, ont modifié toute l'économie du domaine, et il s'est produit là des altérations qui échappent à l'analyse de la culture spéciale du maïs-fourrage. En effet, les 4 ou 5 hectares qui ont été affectés à cette culture, il a fallu les prélever sur l'exploitation, par conséquent troubler l'ordre et l'étendue relative des autres cultures, peut-être même en supprimer totalement. Il n'y a pas jusqu'au fumier lui-même, dont le jeu dans l'exploitation n'ait été profondément modifié : la culture du maïs en absorbe et elle en produit. Quel que soit le résultat final sous ce rapport, il est certain que des changements sont survenus dans l'économie générale du domaine, dont l'analyse financière de la culture du maïs ne saurait rendre compte, quelque bien faite qu'on la suppose.

Je prie le lecteur de remarquer qu'en ramenant le problème de la production agricole à ses éléments simples, je suis d'accord tout à la fois avec les traditions de la science économique et avec la pratique générale des cultivateurs éclairés. Aucun économiste sérieux n'a apprécié la valeur des opérations de culture par le résultat de comptes spéciaux, que l'on établit comme on veut, parce qu'il n'y a point de règle fixe pour les établir. Tous les cultivateurs intelligents savent aussi comparer le jeu de leur exploitation au jeu des exploitations voisines, et apprécier la valeur d'un changement par les modifications qui en résultent dans le produit, dans les frais, dans le profit et dans le capital de l'entreprise. Seulement leurs notions du produit, des frais et du profit laissent à désirer pour la précision. Dans le produit ils ne comprennent guère que le résultat des ventes et le profit se confond généralement, à leurs yeux, avec l'ar-

gent encaissé pour faire l'objet de placements en dehors de leur industrie. La science économique donne un sens plus précis à ces termes, et elle fait servir ces notions à un contrôle plus rigoureux des opérations de culture. Au fond elle est d'accord avec la pratique des cultivateurs éclairés.

Dans une de nos dernières excursions agricoles, nous avons visité un cultivateur qui avait rompu avec les habitudes de son pays. Au lieu de faire une culture mixte de céréales et de fourrages, il a supprimé les céréales, et consacre toute son exploitation à la production du fourrage. Il a 6 hectares de prairies et 18 hectares de luzerne, de maïs, de choux, etc. Il entretient cinquante vaches en moyenne pour la production du lait et pour l'engraissement, quand la faculté laitière est tarie. Il n'y a que trois hommes et deux femmes attachés à l'exploitation; quatre chevaux suffisent à tous les travaux de la culture. La fougère d'un bois voisin sert de litière au bétail; la tannée absorbe l'excédant des urines. Enfin la drèche, le son et les tourteaux fournissent un supplément de vivres aux animaux d'engraissement.

Après nous avoir fait visiter ses cultures de fourrages, ses étables, ses silos de maïs, en un mot tous les détails de son exploitation, le cultivateur dont je parle nous fit entrer sous son toit hospitalier et il nous exposa, à peu près dans les termes qui suivent, la physiologie, si je puis parler ainsi, de ses opérations. « J'ai 25 hectares que j'ai achetés 100 000 francs, il y a quelques années. L'exploitation était alors affermée 3000 francs. J'ai lieu de croire que si je voulais céder la culture à un fermier, j'obtiendrais 4000 fr. environ de fermage. Ma position de propriétaire ainsi établie, voici, en quelques mots, quelle est ma situation de cultivateur.

« Chacune de mes vaches me rend, au bas mot, 400 fr. par an, tant en lait qu'en viande. En tenant compte des achats de denrées complémentaires que je suis obligé de faire pour l'alimentation de mon bétail, le montant de ma production est de 18 000 fr. par an. Une exploitation ordinaire du pays, de même étendue que la mienne, arriverait à peine à 9000 fr., mettez 10 000 fr., pour faire largement les choses. Mes frais de culture, au total, sont de 9 000 fr., et j'y comprends les 4000 fr. de fermage que je suis censé me payer à moi-même, pour comparer, avec plus de précision, mes opérations de culture à celles du fermier voisin. Celui-ci, en y comprenant 3000 fr. de prix de ferme, aurait au moins 7000 fr. de frais. J'ai donc 9000 fr.

de bénéfice industriel, tandis que mon voisin, en comptant largement, n'en a pas 3000. Mon voisin, il est vrai, fait marcher son affaire avec 15000 fr. de capital engagé. Il a donc un taux de profit de 15 à 18 pour 100. Mon entreprise exige un capital plus considérable. J'ai 30000 fr. de bétail dans mes étables ou d'argent dans ma caisse, et j'ai environ pour 2000 fr. de matériel, soit en tout 32000 fr. Mais loin d'être désavantageuse sur ce point, ma situation est bien meilleure que celle de mon voisin, d'un côté, parce que j'obtiens 27 pour 100 comme taux de profit, au lieu de 18; de l'autre, parce que j'ai le placement ou l'emploi d'un capital plus que double, à ce taux élevé.

» Voilà le dessous des cartes de mon affaire; je vous le montre, parce que les combinaisons de culture n'ont de valeur que par leurs résultats, et que vous n'avez point pris la peine de venir si loin pour voir simplement mes vaches, mes choux, mes maïs et mes luzernes, mais pour avoir le dernier mot de toutes ces choses de l'agriculture, c'est-à-dire le mot des questions d'argent qui se dissimulent sous la diversité des cultures et des procédés. »

OBSERVATIONS SUR LA GERMINATION DE L'ORGE

A PROPOS DU MÉMOIRE DE M. A. LECLERC

PAR

M. P. P. DEHÉRAIN.

Nous insérons ci-dessous, à la demande de M. A. Leclerc, la réponse qu'il oppose à nos nouvelles recherches sur la germination publiées dans ce volume, page 229.

Au lieu de rechercher comme je le lui avais demandé si la présence des balles dans l'orge en germination ne détermine pas quelques phénomènes secondaires capables de masquer les résultats qu'on obtient *toujours* avec les graines dépourvues de balles et qu'on observe même souvent avec l'orge elle-même, M. Leclerc restreint la question à un sujet unique, la ***non-occlusion de l'azote dans l'orge en germination.***

Il discute ainsi avec beaucoup d'ardeur un sujet qui ne présente pas le moindre intérêt. En effet, la théorie de la germination

que nous avons présentée, M. Landrin et moi, repose sur ce fait : Au commencement de la germination les gaz se condensent dans la graine, l'élévation de température qui accompagne forcément cette condensation est la cause qui favorise la combustion lente, qui se traduit par le dégagement de l'acide carbonique. Nous n'avons jamais voulu établir un autre point que celui-là. Quel est le gaz qui, ainsi condensé, oxyde les tissus? C'est à coup sûr l'oxygène, c'est donc la condensation de l'oxygène qui est importante. La condensation de l'azote n'avait d'intérêt qu'autant qu'il n'était pas possible de prouver directement la condensation de l'oxygène, ce que la diminution de volume du gaz primitif ne prouvait pas absolument, car on pouvait supposer que le gaz oxygène manquant non représenté par l'acide carbonique était peut-être combiné et non condensé; mais, dans mon second mémoire, j'ai montré (page 248) qu'on extrait directement des graines en germination un volume de gaz bien supérieur à celui qui était contenu dans les graines normales; ce gaz est en grande partie formé d'acide carbonique qui provient à coup sûr de la transformation de l'oxygène disparu. Je constate donc d'une part que l'oxygène diminue de volume au contact de la graine, d'autre part je retrouve dans la graine cet oxygène métamorphosé en acide carbonique; j'arrive ainsi à la démonstration complète du fait que j'avais voulu établir, et j'ajoute qu'il est indifférent pour que notre théorie soit exacte, qu'on observe ou non la condensation de l'azote. Elle a lieu souvent, parfois elle ne se produit pas sans que cela infirme en rien la manière de voir, que nous proposons, M. Landrin et moi qui repose sur la condensation des gaz dans les graines au début de la germination, car, je le répète, à l'aide de la machine d'Alvergniat cette condensation est démontrée aujourd'hui très-aisément; l'expérience qui l'établit est tellement facile à réaliser que j'ai pu en rendre témoin toutes les personnes que cette question intéresse.

Mais je m'arrête, je ne veux ni exciter l'ardeur belliqueuse de mon jeune contradicteur ni provoquer de nouveau la publication d'un monument de science aimable et courtoise semblable à celui que renferment les pages suivantes; les lecteurs des *Annales*, j'imagine, ne m'en sauraient aucun gré.

DE LA NON-OCCLUSION DE L'AZOTE DANS LES GRAINS D'ORGE EN GERMINATION

RÉPONSE AU MÉMOIRE DE M. P. P. DEHÉRAIN

PAR

A. LECLERC

Préparateur à la station agronomique de l'Est.

Dans un mémoire inséré aux *Annales de physique et de chimie* (1), j'ai réfuté les conclusions des expériences sur la germination faites par MM. Dehérain et Landrin (2). M. Dehérain m'attaque avec quelque vivacité dans les *Annales agronomiques* (3), publiées sous sa direction, en même temps qu'il essaye de se défendre par les arguments les plus contradictoires. Je vais lui répondre aussi brièvement que possible, ne voulant en aucune façon prolonger les débats; mais avant de le faire, je crois qu'il n'est pas sans intérêt de rapprocher les uns des autres les différentes opinions et les divers faits avancés par M. Dehérain en 1874 et en 1875.

M. Dehérain disait en 1874 :

« Or cette condensation rapide dans une graine de dix à quinze fois son volume de gaz. » (*C. r. de l'Acad. des sc.*, t. LXXVIII, p. 1191.)

« Il est entré (dans la graine) plus d'azote qu'il n'eût dû en pénétrer en réalité si l'air atmosphérique eût conservé au passage sa composition normal. » (*Ann. des sc. nat.*, *Botanique*, t. XIX, p. 369.)

« Il est impossible de découvrir dans

dit en 1875 :

« M. Leclerc n'a-t-il pas vu, en effet, que 3 ou 4 grammes de graines se chargeant dans nos expériences les mieux réussies de 3cc ou 4cc de gaz azote. » (*Ann. agronomiques*, t. Ier, 2e fascicule, p. 237.)

« Mon excellent ami M. Decaisne a bien voulu examiner quelques-unes des graines sur lesquelles j'ai expérimenté, et il a reconnu « que le tégu-

(1) 5e série, t. IV, février 1875, p. 232. — *C. r. de l'Acad. des sc.*, t. LXXX, p. 26.
(2) *Annales des sc. nat.*, *Botanique*, t. XIX, p. 358. — *C. r. de l'Acad. des sc.*, t. LXXVIII, p. 1488.
(3) T. Ier, 2e fascicule, juillet 1875, p. 229. Paris, G. Masson.

la graine aucun espace dans lequel ce gaz puisse se loger. » (*Ann. des sc. nat.*, *Bot.*, t. XIX, p. 366.)

« Enfin, quand on soumet les graines à l'action du vide, on ne peut en dégager les gaz, d'où il faut conclure qu'ils y sont condensés, comme le sont l'hydrogène dans la mousse de platine, le gaz ammoniac chlorhydrique, etc., dans le charbon. » (*Ann. des sc. nat.*, *Bot.*, t. XIX, p. 366.)

« Quand sous une cloche retournée sur le mercure on introduit un volume déterminé d'air atmosphérique un gramme de graines (blé, colza, cresson, lin, orge, etc.). » (*C. r. de l'Acad. des sc.*, t. LXXVIII, p. 1488.)

« Elles (les analyses) nous ont conduit à reconnaître que les graines d'orge, de lin, etc. » (*C. r. de l'Acad. des sc.*, t. LXXVIII, p. 1490.)

« On reconnaîtra qu'il y a dans les graines d'orge, de blé, de lin, etc. » (*Ann. des sc. nat.*, *Bot.*, t. XIX, p. 379.)

« Les graines de lin normales, les graines de blé, d'orge, etc. » (*Ann. des sc. nat.*, *Bot.*, t. XIX, p. 381.)

« Analyse n° 11. Orge normale.

Analyse n° 12. Orge après germination.

Analyse n° 13. Orge normale. »

(*Ann. des sc. nat.*, *Bot.*, t. XIX, p. 380.)

ment » n'est jamais étroitement appliqué sur la graine à la place occupée par l'embryon, et qu'il forme dans les céréales de nombreux plis sous lesquels l'air peut se trouver renfermé. » (*Ann. agronom.*, p. 248, t. Ier, 2e fascicule.)

« J'ai voulu non-seulement constater la diminution de volume du gaz qui séjourne au contact des graines, mais de plus, faire sortir des graines les gaz qui y avaient pénétré; j'y ai réussi en soumettant les graines à l'action du vide. » (*C. r. de l'Acad. des sc.*, t. LXXXI, p. 200.)

« Ainsi qu'il a été dit plus haut dans les expériences sur lesquelles nous avons basé notre théorie de la germination, nous avons employé des graines de plusieurs espèces, notamment de blé, de cresson, de lin, de colza : aussi ce n'est pas sans quelque étonnement que j'ai vu M. A. Leclerc nous opposer des expériences ne portant que sur une seule espèce de graine, l'orge Chevallier, sur laquelle nous n'avions fait, M. Landrin et moi, aucune observation de germination. » (*Ann. agron.*, t. Ier, 2e fascicule, p. 231.) (1)

Comme on le voit, M. Dehérain non-seulement a varié dans ses opinions, mais il est arrivé à invoquer des faits diamétralement opposés. Quoi de plus étonnant, en effet, que de voir le vide incapable, en 1874, d'extraire les gaz confinés des graines, et de voir ce

(1) Il n'y a en effet aucune expérience sur l'orge dans les tableaux de notre premier mémoire. Les seuls résultats indiqués ont trait à l'analyse élémentaire de l'orge avant et après la germination. P. P. D.

même vide les extraire en 1875? Toutes ces citations peuvent se passer de commentaires.

M. Dehérain a lancé contre moi une accusation que je veux d'abord relever. Il a dit : « M. Leclerc, qui nous accuse de négligence, n'ayant donné dans cette expérience ni le poids des graines employées, ni 'analyse des gaz, etc. » (*Ann. agronom.*, t. 1er, p. 132.) Qu'il se reporte à la page 239 de mon mémoire (*Annales de chimie et de physique*, 5e série, t. IV), il verra que l'expérience dont il parle, du 25 juin au 2 juillet, a été faite sur « 105 grains pesant 5 gr. 238 », et que l'analyse des gaz, page 240, a donné :

Azote	208cc,2
Oxygène	7cc,6
Acide carbonique	37cc,6

M. Dehérain s'est donc placé à côté de la vérité, et je persiste à dire qu'il a eu tort, malgré les reproches que je lui adressais, et dont tout chimiste comprendra l'importance, de n'avoir donné aucun chiffre relatif au poids des graines sur lesquelles il a opéré de nouveau : tout contrôle devient alors impossible. La chimie ne connaît pas l'à peu près : elle exige des poids et des volumes.

M. Dehérain admet aujourd'hui (1) que l'orge Chevallier fait seule exception à cette règle qu'il avait donnée comme générale : « Les graines maintenues dans une atmosphère limitée diminuent le volume des gaz avec lesquels elles sont en contact; la diminution porte toujours sur l'oxygène, qui n'est remplacé que par un volume d'acide carbonique inférieur au sien. » M. Dehérain confirme donc mes expériences relativement à l'oxygène, mais il reste encore la question de l'azote. S'il veut bien se reporter aux expériences de MM. Lawes, Gilbert et Pugh, qu'il a lui-même résumées dans un de ses mémoires (2), il verra que lorsque « des graines de céréales ou de légumineuses sont placées dans l'eau sous le mercure, un dégagement de gaz se produit après 36 ou 48 heures... L'analyse des gaz démontra qu'il est entièrement formé d'acide carbonique, d'hydrogène, la quantité d'azote était très-faible. » Or M. Dehérain admet que l'hydrogène apparu dans les germinations est dû à la décomposition de la graine, par conséquent cette faible quantité d'azote trouvée dans les expériences de MM. Lawes, Gilbert et Pugh,

(1) *Comptes rendus de l'Acad. des sc.*, t. LXXXI, p. 198.
(2) *Annales des sciences naturelles*, *Botanique*, t. XVIII, p. 152.

n'est pas due à de l'azote occlus : les céréales pas plus que les légumineuses ne condensent donc pas de gaz au début de la germination.

J'ai dit que, dans les recherches de ce genre, le terme de comparaison le plus sûr est l'azote, puisque l'on sait aujourd'hui, d'après les travaux de M. Boussingault et autres chimistes éminents, que pendant la germination il n'y a aucune perte en azote. M. Dehérain cite des expériences dans lesquelles j'aurais obtenu, dit-il, « plusieurs exemples très-nets » d'occlusion du gaz azoté. En se reportant aux analyses citées, on trouve que la diminution de volume en azote a été dans un cas des $\frac{9}{1000}$ et dans l'autre des $\frac{13}{1000}$ du volume de gaz initial. Or, dans l'expérience du 2 juillet, les grains d'orge avaient, au moment de la mise en expérience, un volume de $3^{cc},455$ et dans celle du 30 juillet un volume de $5^{cc},740$. Si les faits avancés par MM. Dehérain et Landrin eussent été exacts, j'aurais dû trouver dans les gaz mis en expérience une diminution d'azote au moins égale au volume des graines, c'est-à-dire $3^{cc},455$ dans un cas et $5^{cc},740$ dans l'autre, puisque, d'après eux, il y a « condensation rapide dans une graine de dix à quinze fois son volume de gaz », et que dans la graine « il est entré plus d'azote qu'il n'eût dû en pénétrer en réalité si l'air atmosphérique eût conservé au passage sa composition normale ». Il y a loin, on le voit, entre les volumes $0^{cc},0$ et $7^{cc},9$ que j'ai obtenus en moins et que M. Dehérain considère comme suffisants pour confirmer l'occlusion, et dix à quinze fois les volumes $3^{cc},455$ et $5^{cc},740$. Voilà deux expériences que M. Dehérain a trouvées en sa faveur parmi les vingt inscrites dans mon mémoire, et qui, suivant lui, sont suffisantes pour confirmer sa théorie! Il soutient, pour les besoins de la cause qu'il défend, qu'il faut considérer un cas particulier et non l'ensemble! Il semble qu'un seul fait suffise à M. Dehérain pour lui permettre d'en déduire une loi, alors qu'à tant d'autres expérimentateurs des centaines d'observations conduisant au même résultat ne paraissent pas suffisantes pour faire même une hypothèse!

A la page 234 des *Annales agronomiques*, il dit de mes essais « que les dernières expériences de ses séries sont hors de cause ». Pourquoi alors prend-il les analyses des dernières expériences pour appuyer la thèse qu'il soutient? S'il ne me permet pas de les utiliser pour réfuter les siennes, à fortiori devrait-il les dédaigner pour essayer de consolider sa théorie de la germination. Loin de les reje-

ter, il les accepte avec empressement (page 235, *Annales agronomiques*) et se trouve heureux de montrer — encore s'il restait dans le vrai ! — que dans les analyses exécutées dans ces expériences sur 338^{cc},5 d'azote provenant de l'air normal et 49^{cc} d'azote contenu dans les graines et dosé par la chaux sodée il y aurait eu disparition de 2^{cc},4 d'azote dont je ne saurais indiquer l'emploi! Mais cette réfutation n'est pas heureuse, car M. Dehérain s'est attaqué, sans s'en apercevoir, à deux séries d'expériences. En effet, le 1er juillet, à 7 heures 30 du matin, on introduit dans l'appareil 105 grains d'orge pesant 4^{gr},545 (*Annales de chimie et de physique*, p. 244). Le 2 juillet, à 7 heures du soir, on arrête l'expérience qui a ainsi duré environ 36 heures. Il a été introduit dans l'appareil 172^{cc} d'azote, et l'analyse du gaz a donné, après expérience, 171^{cc},9, donc il n'y a pas eu condensation. Dans la seconde série d'expériences, qui n'a commencé que le 3 juillet à 7 heures du soir, je n'ai opéré que sur 50 grains. M. Dehérain a confondu ces deux séries d'expériences, l'une portant sur 105 grains, l'autre sur 50, en une seule, et s'en est servi pour calculer les 2^{cc},4 d'azote qu'il prétend avoir été absorbés par les graines! Sa critique tombe donc d'elle-même, et si M. Dehérain avait relu attentivement mes expériences, il ne les aurait pas attaquées et ne se serait pas mis de nouveau à côté de la vérité.

MM. Dehérain et Landrin, pour étudier plus complétement le phénomène de l'occlusion (?) de l'azote, ont employé un autre procédé d'investigation qui, disaient-ils, « devait nous conduire sûrement à la solution; nous avons dosé l'azote dans les graines par deux méthodes différentes, l'une nous donnant l'azote total, l'autre seulement l'azote combiné. » Et ils ajoutaient : « Si les deux nombres sont en désaccord, c'est la preuve qu'il existe dans les graines à l'état libre (1). » Les méthodes employées par eux étaient la méthode de l'oxyde de cuivre et la méthode de la chaux sodée. Dès le début, j'ai appliqué à l'orge Chevallier ces mêmes méthodes, mais je n'ai pas tardé à constater les différences notables qu'elles donnaient dans le taux en azote lorsqu'elles étaient appliquées à une même matière. Aussi ai-je renoncé à leur emploi, insisté sur l'importance de l'application à ces recherches d'une seule méthode de dosage (2) et montré que les erreurs données par les deux mé-

(1) *Annales des sc. nat.*, *Botanique*, t. XIX, p. 377.

(2) *Comptes rendus de l'Académie*, t. LXXX, p. 27. — *Ann de ch. et de phys.*, t. IV, 5e série, p. 237.

thodes employées par MM. Dehérain et Landrin étaient interprétées par eux en faveur de la condensation de l'azote. Je n'y reviendrai pas.

M. Dehérain trouve que les « énormes différences » dans le taux de l'azote des graines d'orge sont trop fortes pour permettre de vérifier le phénomène de l'occlusion. Les taux que j'ai obtenus varient de 2,90 à 2,65 pour 100 lorsque chaque grain pèse en moyenne 50 milligr. et quand ont fait le dosage par la méthode de l'oxyde de cuivre, soit un écart de 0,25 pour 100, et M. Dehérain persiste à insinuer que j'ai obtenu pour des graines ayant le même poids les taux suivants d'azote :

Par la méthode de l'oxyde de cuivre 2,90; 2,84; 2,82; 2,72, soit un écart de 0,18 pour 100. Par la méthode de la chaux sodée 2,65; 2,49; 2,35; 2,20; 1,76; 1,09; soit un écart de 1,56 pour 100 (1). Alors que, comme je l'ai déjà établi dans une note insérée aux *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences* (2), la méthode de l'oxyde de cuivre m'a donné :

Quand un grain d'orge pèse en moyenne 50 mgr.	2,90
	2,84
	2,82
	2,72
	2,65, soit un écart de 0,25 pour 100.

La méthode de chaux sodée m'a donné :

Quand un grain d'orge pèse en moyenne 49 mgr. 88.	2,49
	2,35
	2,20, soit un écart de 0,29 pour 100.
Quand un grain pèse en moyenne 43 mgr. 43.	1,89
	1,76, soit un écart de 0,13 pour 100.

Aux yeux du professeur de Grignon, cet écart, vu le peu d'homogénéité des grains d'orge, annule mes analyses. Cependant MM. Dumas et Cahours, dont certes il ne récusera pas l'autorité, ont trouvé, pour des matières de beaucoup plus homogènes, les chiffres suivants (3) :

(1) *Comptes rendus de l'Acad.*, t. LXXXI, p. 200. — *Annales agronomiques*, t. Ier, p. 235.

(2) *Comptes rendus de l'Acad.*, t. LXXX, p. 29. — *Ann. de ch. et phys.*, t. IV, 5e série, p. 236. Le chiffre 109 inséré aux *Annales* est dû à une faute d'impression. C'est 1,89 qu'il faut lire. Voir *Comptes rendus*, t. LXXX, p. 29.

(3) Mémoire sur les matières azotées neutres de l'organisation. (*Ann. de ch. et phy.*, 3e série, t. VI.)

Pour la légumine extraite des amandes :

1er échantillon, de 18,51 à 19,23 pour 100 d'azote; soit un écart de 0,72 pour 100.
2e échantillon, de 18,53 à 19,01 id. ; soit un écart de 0,48 pour 100.

Pour la fibrine humaine :

De 16,63 à 16,95 pour 100 d'azote; soit un écart de 0,32 pour 100.

Et M. Dehérain lui-même, qui ne se récusera probablement pas, a trouvé un écart de près de 1 pour 100 par la méthode de l'oxyde de cuivre dans une graine très-homogène sur laquelle il étudiait précisément l'occlusion de l'azote. En effet, l'analyse n° 6 de la graine de lin lui a donné 5,9 pour 100 d'azote, et l'analyse n° 7, 5 pour 100; soit un écart de 0,9 pour 100 d'azote! Il est à noter qu'il a admis ces analyses comme exactes et s'en est servi pour calculer l'occlusion! D'après cela, a-t-il le droit d'accuser « le jeune chimiste de Nancy » d'avoir de la « prétention à l'exactitude »? M. Dehérain voudrait que, pour avoir la teneur de l'orge en azote, je prisse la moyenne de tous les taux obtenus sur des graines de poids différents : agir ainsi serait prouver qu'on manque de sens expérimental; dans mes séries d'expériences, les graines avaient des poids moyens déterminés, par conséquent ce n'est qu'entre les taux d'azote obtenus sur des graines de ces mêmes poids qu'on peut établir une moyenne. Je maintiens donc l'exactitude de toutes mes analyses, même l'exactitude de leur calcul, ce que M. Dehérain lui-même ne pourrait affirmer pour toutes les siennes, ainsi que je l'ai montré dans mon mémoire, pages 238 et 254, et comme je le montrerai encore plus loin. Je suis ainsi amené à confirmer ce que je disais dans mon mémoire, à savoir : « Il n'est pas indifférent de faire le dosage de l'azote par la chaux sodée ou par l'oxyde de cuivre. Le raisonnement que MM. Dehérain et Landrin ont fait en dosant l'azote combiné par la chaux sodée, l'azote combiné et libre par l'oxyde de cuivre, et en concluant de la différence la condensation ou le dégagement du gaz, serait exact si les deux méthodes donnaient des résultats absolument identiques. Si l'on admet avec M. Frésénius que la méthode par la chaux sodée donne des résultats trop faibles de 0,2 à 0,4 pour 100, et la méthode de l'oxyde de cuivre des chiffres trop forts de 0,2 à 0,5 pour 100, en employant ces deux méthodes dans les expériences comparatives, on est conduit de suite à une différence minima de 0,4 pour 100, que MM. Dehérain et Landrin

interprètent en faveur de l'occlusion de l'azote. Si, d'après des expériences récentes (1), la méthode de la chaux sodée donne des résultats presque identiques à ceux obtenus avec l'oxyde de cuivre, lorsque l'on emploie la chaux sodée dans des conditions déterminées, elle donne aussi, lorsqu'on n'opère pas dans les mêmes conditions, des résultats fort différents. Le choix de la méthode analytique est donc de la plus haute importance. Dans les expériences de cette nature, il importe moins de déterminer la teneur absolue de l'azote que de rendre les résultats comparables. S'il se produit une erreur dans la détermination absolue de l'azote, elle se reproduit dans chaque analyse et dans le même sens, de sorte que les résultats restent toujours comparables, tandis que par deux méthodes différentes l'erreur est souvent doublée, et la comparaison devient impossible. Il convient donc de n'appliquer qu'une seule méthode (2). »

MM. Dehérain et Landrin disent (3) : « En résumé les expériences consignées dans les tableaux I et II nous font voir que les gaz se condensent dans la graine au moment où la germination commence; celles du tableau III nous font assister à l'expulsion de ces gaz occlüs pendant les premiers jours de la germination. » Ils expliquent donc l'augmentation de volume des gaz des expériences du tableau III par la sortie de la graine des gaz qui, d'après eux, s'y étaient antérieurement condensés. Il ne leur vient pas à l'esprit que cet accroissement du gaz azote provient d'une décomposition certaine des graines qui dans sept expériences sur neuf se sont pourries! car ils disent : « Nous considérons donc l'hydrogène non comme un produit normal de la germination, mais seulement comme un produit morbide provenant de la décomposition de la graine », et que dans sept expériences sur neuf exécutées dans l'air normal, ils ont dosé l'hydrogène! Voilà certes des expérienees qui peuvent se passer de commentaires. Leurs expériences sont très-simples; cependant ils n'en ont pas donné une seule qui fût complète : « Les graines, suspendues dans la couche d'eau sur le mercure, étaient abandonnées dans cette atmosphère limitée qui a varié de deux jours à deux mois » (4). Par quel singulier mécanisme les graines plongées dans

(1) *Journal fur Landwirthschaft*, 2e Heft, p. 287.
(2) *Ann. de chim. et de phys.*, 5e série, t. IV, p. 237.
(3) *Ann. des sc. nat.*, *Botanique*, 5e série t. XIX, p. 381.
(4) *Ann. des sc. nat.*, *Botanique*, 5e série, t. XIX, p. 360.

l'eau ont-elles pu condenser de dix à quinze fois leur volume de gaz? Il est difficile de le comprendre; mais peu importe. « Tant que ses enveloppes (de la graine) sont sèches, tant qu'elles n'ont pas été ramollies par l'eau, elles paraissent presque imperméables aux gaz, et la vie reste à l'état latent; mais aussitôt que l'eau intervient et que le testa est devenu perméable, les gaz pénètrent dans les tissus et s'y condensent. » Partant de là, je suppose une graine mise dans une atmosphère humide formée de 79^{cc},04 d'azote et 20^{cc},96 d'oxygène, c'est-à-dire de 100^{cc} de gaz atmosphérique sec, et que les faits avancés par MM. Dehérain et Landrin sont exacts. Puisque, d'après eux, « au commencement de la germination les graines absorbent les gaz à la façon des corps poreux », je suppose qu'elles aient absorbé 10^{cc} de gaz azote, quantité donnée par l'analyse des gaz au sein desquels la germination s'est produite. A ce moment, les 10^{cc} d'azote doivent être dans la graine, de sorte qu'en analysant cette dernière par la méthode de l'oxyde de cuivre, on devrait lui trouver un excès de 10^{cc} d'azote sur l'azote contenu dans la graine normale. L'analyse des deux graines par la méthode de l'oxyde de cuivre donnera certainement cette différence de 10^{cc}. C'est là la marche la plus logique à suivre dans l'étude de la germination : MM. Dehérain et Landrin n'ont donné aucune expérience qui ait été faite dans ce sens; ils ont donc négligé le véritable contrôle; cependant c'était un moyen très-sûr d'arriver à constater si l'occlusion existe ou n'existe pas. Ils n'ont même pas cherché à vérifier si les 13^{cc},1 d'azote trouvés en excès dans l'expérience n° 12 sur le blé (page 373) correspondait à l'azote trouvé en moins par les analyses n° 1 et n° 2 (page 378). Ils n'ont fait aucune vérification, ce qui explique probablement pourquoi ils ont admis, pour établir leur théorie, les expériences les plus discordantes. En effet, ils ont trouvé (je prends leurs propres chiffres, bien qu'ils soient le résultat de fautes de calcul) par leurs méthodes analytiques que l'orge normale contient 2,88 pour 100 d'azote, et que l'orge après germination contient 1,18 pour 100 d'azote (1). Soit une différence de 1,70 pour 100 d'azote qu'ils considèrent comme représentant l'azote condensé.

La densité moyenne de l'orge étant, d'après mes expériences, de 1,275, et d'après celles de Fr. Schertler (2) de 1,277, soit en moyenne

(1) *Ann. des sc. nat., Botanique*, 5e série, p. 380. — Analyse n° 11 et analyse n° 12.
(2) *Die Anwendung des specifischen Gewichtes.* — F. Schertler. Vienne.

de 1,276, le volume de cet azote occlus par 100 grammes de grains d'orge est $\frac{1700}{1,276} = 1332^{cc}$. Or les 100 grammes d'orge ont un volume de $\frac{100}{1,276} = 78^{cc}$, d'où il résulte que 1^{cc} d'orge a condensé $\frac{1332}{78} = 17^{cc}$ de gaz azote ! Donc, d'après les analyses de MM. Dehérain et Landrin, l'orge sur laquelle ils ont étudié l'occlusion aurait condensé dix-sept fois son volume du gaz azote, sans compter en outre la condensation de l'oxygène, qui, d'après eux, existe aussi ! Mais M. Dehérain a dit : « Cependant, M. Leclerc n'a-t-il pas vu, en effet, que 3 ou 4 grammes de graines se chargent, dans nos expériences les mieux réussies, de 3 ou 4^{cc} de gaz azote » (3). Voilà certes une contradiction des plus manifestes ; serait-ce parce que les expériences que je cite sont de l'an dernier, et qu'elles auraient échappé au souvenir de M. Dehérain? Que M. Dehérain ne se retranche pas derrière les deux méthodes d'analyse qu'il a employées, elles se trouvent au-dessus de toute critique, puisqu'elles sont dues à « deux illustres chimistes français ». Je ferai observer au professeur de chimie de Grignon qu'il ignore que la méthode de la chaux sodée a été imaginée par MM. Will et Varrentrapp (1), et que M. Péligot (2) en a seulement rendu l'emploi plus expéditif par l'usage des liqueurs titrées.

L'aide-naturaliste du Muséum a trouvé que le blé renferme 2,5 pour 100 d'azote libre dans la graine (page 378), et que le lin en renferme 2,2 pour 100 (page 379). La densité du blé étant de 1,359 et celle du lin de 1,143, le volume du gaz condensé par 100 grammes de graines sera :

Pour le blé .... $\frac{2500}{1359} = 1839^{cc}$.

Pour le lin .... $\frac{2200}{1143} = 1921^{cc}$.

Mais le volume de 100 grammes de blé est de $\frac{100}{1359} = 73^{cc}$.

Et celui de 100 grammes de lin de....... $\frac{100}{1143} = 87^{cc}$.

Par conséquent, d'après MM. Dehérain et Landrin,

(1) *Ann. agronomiques*, t. Ier, p. 237.

(2) Vill et Varrentrapp. *Neue méthode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Verbindungen* (*Annal. d. Wöhler und Liebig*, 1841).

(3) Péligot, *Sur un procédé propre à déterminer d'une manière rapide la quantité d'azote contenue dans les substances organiques. Comptes rendus de l'Ac. des. sc.*, t. XXIV, 1847.

1^cc de blé contiendrait. $\frac{1839}{73}$ = 25cc,1 d'azote libre et condensé.

1^cc de lin........... $\frac{1921}{87}$ = 22cc,1 d'azote libre et condensé.

c'est-à-dire que le blé condense 25 fois son volume de gaz azote et le lin 22 fois ! On a vu plus haut que M. Dehérain annonce que, dans ses expériences les mieux réussies, il a trouvé, d'après les analyses des gaz dans lesquels les graines avaient séjourné, que 1^cc de graine se chargeait à peu près de son volume de gaz azote. Ces différences énormes, que tout expérimentateur, soit chimiste, soit physiologiste, considère certainement comme portant un coup décisif à la théorie de l'occlusion du gaz azote dans les graines, sont insignifiantes pour M. Dehérain, qui semble vouloir plier un phénomène à ses vues. Malheureusement pour lui, il a oublié que « la vérité est fille du temps et non de l'autorité ». En 1875 les phénomènes de la germination sont, suivant M. Dehérain, fort différents de ceux de 1874. D'après lui, l'an dernier les graines condensaient de 10 à 15 fois leur volume de gaz ; cette année elles n'en condensent plus que leur volume.

M. Dehérain, qui a la prétention de faire des dosages absolus, admet sans scrupule, pour étudier l'occlusion, des analyses dans lesquelles, par la même méthode et pour des graines homogènes, le lin (page 379), il a obtenu un écart de 0,9 pour 100 dans le taux de l'azote, et surtout quand, suivant lui, il s'agit de décider si oui ou non 1 gr. de graine se charge d'environ de 1 mgr. de gaz azote (1) ! Mais 0,9 pour 100 d'azote donnent 9 mgr. pour 1 gr. de graine, c'est-à-dire que M. Dehérain se sert, pour étudier et établir sa théorie de l'occlusion, d'expériences dans lesquelles il commet des erreurs de 9 mgr., quantité neuf fois plus considérable que celle qu'il veut déterminer !

Dans ses nouvelles recherches sur la germination, il n'a pas été plus heureux que l'an dernier ; toutes ses expériences lui sont défavorables. En effet, il a trouvé que, sur cinq essais faits sur l'orge, trois ont donné une absorption d'azote et deux un dégagement pendant la période d'expérience ; un essai sur le lin a donné une absorption, et deux un dégagement ; quatre essais sur le blé ont donné une absorption, et quatre autres essais sur la même graine

(1) *Ann. agronomiques*, t. Ier, p. 237.



ont donné un dégagement. Il est probable que, s'il avait fait six essais sur l'orge et quatre sur le lin il aurait eu, comme pour le blé, nombre égal d'absorption et de dégagement d'azote. En présence de ces faits, la conclusion n'est pas douteuse, c'est l'absence du phénomène de la condensation, car puisque pour des expériences ayant duré sensiblement le même temps, on a obtenu des résultats contradictoires, c'est que le phénomène dont il s'agit n'existe pas. Mais M. Dehérain de ces expériences contradictoires conclut à l'occlusion. Il ne lui vient pas à l'esprit que si un phénomène de l'ordre de l'occlusion se produisait, ce devrait être avec constance, et que, si une même graine donne des résultats opposés, c'est par suite d'erreurs commises dans les analyses. Ses expériences nouvelles ont été faites sur l'eau; les gaz sur lesquels il a opéré se sont-ils dissous, ou bien l'eau en a-t-elle cédé ? Puisque, de l'aveu de M. Dehérain lui-même, « on n'a pas fait d'analyse eudiométrique, on a admis que le gaz qui restait après l'absorption de l'oxygène et de l'acide carbonique était de l'azote. » Il est clair que ses nouvelles expériences présentent peu d'intérêt. Il ne craint pas cependant d'étayer sa théorie par compensation : « Quand on met des graines en germination, on trouve souvent que si le volume du gaz diminue, si cette diminution porte toujours sur l'oxygène, elle est parfois partiellement compensée par l'augmentation de volume de l'azote (1) ». Ainsi, aux yeux du professeur de chimie de Grignon, dans la germination l'azote peut remplacer l'oxygène par compensation (2)!

Les expériences relatées au tableau III conduisent aux mêmes conclusions. Sur neuf essais faits sur des haricots, quatre ont donné une absorption d'azote comprise entre $0^{cc},42$ et $1^{cc},83$, et cinq ont donné un dégagement variant de $0^{cc},07$ à $2^{cc},78$: M. Dehérain, de ces résultats contradictoires, conclut, comme toujours, qu'il y a réellement occlusion au début de la germination.

J'ai montré que l'azote trouvé en excès dans mes analyses provenait de la décomposition des matières azotées. M. Dehérain nie cette origine; cependant il dit : « Celui (le gaz) qu'on voit se dégager dans les expériences précédentes provient, non pas de la décomposition des graines, cette hypothèse admise par M. Leclerc n'est plus soutenable, mais d'une oxydation régulière des albuminoïdes met-

(1) *Ann. agronomiques*, t. Ier, p. 240.

(2) N'est-il pas bien clair, d'après cette citation même, que M. Leclerc s'acharne sur un point qui n'a pas la moindre importance pour la démonstration que je me suis efforcé de faire. P. P. D.

tant en liberté de l'azote gazeux (1) ». M. Dehérain pourrait-il dire et pourrait-il démontrer pourquoi mon hypothèse n'est plus soutenable? Cette citation, si elle n'est pas la définition littérale de la décomposition des matières azotées, détruit tous les travaux sur la germination de M. Boussingault et autres chimistes éminents, qui ont démontré que dans les germinations régulières et complètes le taux de l'azote ne varie pas. Du reste, M. Dehérain se condamne lui-même; n'a-t-il pas dit qu'il considérait l'hydrogène trouvé dans ses analyses comme un produit de décomposition des graines? et n'a-t-il pas considéré, comme excellentes pour sa cause, sept expériences sur neuf dans lesquelles l'hydrogène a été dosé? M. Dehérain veut répliquer à tout et n'admettre de son « jeune contradicteur » aucune de ses critiques.

Enfin M. Dehérain essaye de déplacer la discussion en disant que je nie la présence des gaz dans les graines. « M. A. Leclerc nie que du gaz azote puisse pénétrer dans les graines au moment de la germination. M. A. Leclerc affirme qu'il n'existe pas de gaz azote confiné dans les graines; il nie qu'il existe des gaz dans les graines normales ou germées. » Je nie la condensation, l'occlusion des gaz dans les graines; comme la graine est poreuse, elle renferme nécessairement du gaz libre et non condensé, venant du milieu dans lequel elle se trouve. Si M. Decaisne a reconnu « que le tégument n'est jamais étroitement appliqué sur la graine à la place occupée par l'embryon, et qu'il forme dans les céréales de nombreux plis sous lesquels l'air peut se trouver renfermé », il n'a pas vu si les gaz sont condensés. Puisque M. Van Tieghem n'a pas vu également si les gaz contenus dans les graines étaient condensés, M. Dehérain n'a pas le droit de dire qu' « on peut donc considérer cette question résolue ». Je comprends tout l'intérêt qu'il aurait à sortir le plus tôt possible du cercle vicieux dans lequel il se trouve engagé. Aussi, pour clore la discussion, n'examinerai-je plus que la nouvelle méthode que M. Dehérain a imaginée pour me convaincre d'erreur, et la méthode qu'il a suivie dans l'analyse des gaz après germination des graines. Voyons d'abord la méthode de l'extraction des gaz par la machine de M. Alvergniat. Ce n'est pas sans un profond étonnement que j'ai lu ses expériences de l'extraction des graines au moyen du vide. L'an dernier, en 1874, M. Dehérain n'avait pu y parvenir! Aussi avait-il dit:

(1) *Ann. agronomiques*, t. I[er], p. 242.

« Quand on soumet les graines à l'action du vide, on ne peut en dégager les gaz ; d'où il faut conclure qu'ils y sont condensés comme le sont l'hydrogène dans la mousse de platine, le gaz de l'éclairage dans le palladium, le gaz ammoniac, chlorhydrique, etc., dans le charbon (1) ». De deux choses l'une : l'an dernier l'expérience sur les graines au moyen du vide a été convenablement faite, ou elle ne l'a pas été. Que M. Dehérain se tire de ce dilemme, et la discussion sera close.

Les graines étaient mises dans un flacon avec de l'eau bouillie ; par une disposition spéciale de l'appareil, on faisait le vide et recueillait les gaz. M. Dehérain a trouvé que 100 gr. d'orge ont donné :

N° 36. Avant germination............ 2cc,0 d'oxygène et 9,8 d'azote.
N° 38. Après 12 jours de germination. 1cc,0 d'oxygène et 9cc,0 d'azote (2).

L'occlusion des gaz est donc nulle, et, d'après cette nouvelle expérience, M. Dehérain est conduit à adopter mes conclusions que j'ai données dans mon mémoire, à savoir que l'orge ne condense pas le gaz azote pendant la germination. Cette expérience le condamne nettement. Si le phénomène de l'occlusion existait, qu'aurait-il dû arriver ? D'après la nouvelle opinion de M. Dehérain relativement au vide, les 100 gr. d'orge, qui, pendant la germination, auraient dû condenser à peu près 100cc de gaz azote, car, dans ses expériences les mieux réussies, « 3 ou 4 gr. de graines » se chargent « de 3 ou 4cc de gaz azote », auraient dû céder environ 109cc,8 d'azote ; il n'en a trouvé que 9cc, chiffre même inférieur à celui trouvé pour les graines normales. Ces 9cc,8 d'azote trouvés dans les graines normales peuvent provenir de trois origines :

1° Du gaz libre contenu dans les pores de la graine et sous sa balle ;

2° Du gaz adhérent aux parois de la graine ;

(1) *Ann. des sc. nat.*, *Botanique*, 5e série, t. XIX, p. 366.

(2) Le procédé de discussion de M. A. Leclerc est ici un peu vif, M. Leclerc supprime 9cc,0 d'acide carbonique qui proviennent de l'oxygène qui a pénétré dans la graine, ce qui démontre précisément le fait contesté. Il est donc bon de remettre sous les yeux du lecteur les chiffres exacts :

Gaz extraits par la machine d'Alvergniat de 100 grammes d'orge.	Volume total cc.	Oxygène cc.	Ac. carb. cc.	Azote cc.
N° 36. Avant germination....	12,0	2,0	0,2	9,8
N° 37. Id	7,8	0,5	0,2	7,1
N° 38. Après germination....	19,0	1,0	9,0	9,0

Quand on a opéré avec le blé, on a trouvé que 7 cc. de gaz avant germination sont devenus 11,4 après germination, avec les haricots que 32,1 de gaz sont devenus successivement 52, 54,7, 62,5 et 117cc après 3, 4, 6 et 8 jours de germination.

3° Du gaz qui, malgré une ébullition même prolongée, est resté dissous dans l'eau employée dans les essais de M. Dehérain.

Mais, quoi qu'il en soit, si la condensation eût existé, il est clair que la quantité d'azote trouvée dans les graines après germination eût été de beaucoup supérieure à celle trouvée dans les graines avant germination. En présence d'un fait aussi concluant, on peut donc considérer la question comme résolue pour l'orge, et affirmer que le phénomène de la condensation n'existe pas. Je suis donc arrivé, pour l'orge, à des conclusions diamétralement opposées à celles énoncées par M. Dehérain.

Le procédé analytique suivi par MM. Dehérain et Landrin pour la détermination de la composition des gaz après expérience est entaché d'erreurs graves. Après avoir, au gaz toujours humide, ajouté de l'oxygène, puis du gaz de la pile, et fait détoner le mélange qui donnait naissance à de l'eau, « on introduisait alors dans l'eudiomètre un petit bâton de potasse fixé à l'extrémité d'un fil de platine, on le retirait quand on ne voyait plus de changement dans le niveau du mercure; enfin on remplaçait la potasse par une boulette de papier humide, fixée également à un fil de platine qu'on laissait séjourner jusqu'au moment où le gaz s'était de nouveau saturé de vapeur. Après avoir retiré la boulette humide, on notait la hauteur de la colonne mercurielle dans l'eudiomètre maintenu vertical : on lisait le baromètre, le thermomètre, et l'on procédait au calcul » (1). La potasse s'est dissoute en partie dans l'eau qui renfermait l'eudiomètre, et ce liquide n'ayant pas été enlevé, ni par aucun moyen indiqué, ni par la boulette de papier humide, il en résulte qu'ils évaluaient le volume du gaz en présence d'une solution plus ou moins étendue de potasse. Or, à température et pression égales, la tension de vapeur de cette solution est inférieure à celle de l'eau; par suite MM. Dehérain et Landrin devaient trouver des volumes d'azote inférieurs à ceux existant réellement, et inférieurs par conséquent à ceux qui avaient été primitivement mis en expérience puisque l'azote introduit dans l'appareil avait été calculé d'après la quantité d'air employé et non déterminé par l'analyse. C'est à quoi ils sont arrivés. L'erreur commise dans ce mode opératoire est variable avec la proportion de potasse dissoute. J'ai trouvé, en opérant comme MM. Dehérain et Landrin l'indiquent, jusqu'à une différence de

(1) *Ann. des sc. nat., Botanique*, 5e série, t. XIX, p. 360.

$0^{cc},8$ à 0 et à 760^{mm} sur un volume d'azote de $19^{cc},1$ à 0 et à 760, ce qui fait une erreur de plus de 4 pour 100. L'erreur est donc considérable : si on y ajoute maintenant celle due aux lectures, puisque M. Dehérain dit « que les erreurs que l'on peut commettre dans ces sortes d'analyses ne dépassent pas quelques dixièmes de centimètre cube », on aura une idée de l'exactitude avec laquelle ont été faites les expériences qui ont servi à MM. Dehérain et Landrin à établir leur théorie de la germination. Ce ne sont pas les seules erreurs qu'ils ont commises; leur mémoire en offre bien d'autres dans la détermination de l'azote mis en expérience. En effet, MM. Dehérain et Landrin donnent pour l'azote, au commencement de l'expérience (Tableaux n° I et n° III, *Ann. des sc. nat., Botaniques*) :

Expériences			Lorsque le volume exact est
N° 8	Azote =	154cc,98	195cc,98 × 0,792 = 155cc,22
N° 13	Azote =	138cc,3	172cc,8 × 0,792 = 136cc,8
N° 18	Azote =	71cc,5	89cc,3 × 0,792 = 70cc,7

Je n'ai pu soumettre les chiffres de l'azote obtenu après expérience à aucune vérification, puisque MM. Dehérain et Landrin n'ont donné aucun document permettant ce contrôle. Je signalerai également les erreurs commises dans le calcul des taux de l'azote contenu dans l'orge avant et après germination. Ils ont trouvé pour l'analyse n° 11, de l'orge normale, 2,88 pour 100 d'azote au lieu de 3,05 pour 100 qu'on obtient d'après leurs données analytiques, et pour l'analyse n° 12, de l'orge après germination, 1,18 pour 100 au lieu de 1,49 qu'on doit obtenir (1).

En résumé, leurs expériences sont viciées dans leurs résultats pour deux causes :

1° Par l'emploi d'une méthode analytique imparfaite;

2° Par des erreurs commises dans les calculs des expériences.

De cette discussion il résulte que, comme je l'ai montré dans mon mémoire :

1° L'orge placée dans une atmosphère limitée en augmente le volume.

2° Cette augmentation est due à de l'acide carbonique dont le volume est supérieur à celui de l'oxygène disparu.

Ces deux conclusions, rejetées l'an dernier par M. Dehérain, sont admises par lui aujourd'hui (2).

(1) *Ann. des sc. nat., Botanique*, 5e série, t. XIX, p. 380.

(2) *Comptes rendus de l'Acad. des sc.*, t. LXXXI, p. 199.

3° Le phénomène de l'occlusion du gaz azote n'existe pas, du moins pour l'orge.

4° L'occlusion n'existant pas, il ne peut y avoir de chaleur produite, d'où résulte que la cause de la germination est due à un phénomène de tout autre ordre que celui invoqué par MM. Dehérain et Landrin. Leur théorie n'est pas admissible en tant que l'on considère l'occlusion comme le point de départ de tout changement dans la graine.

L'orge seule m'intéressant, je n'ai point étudié d'autre graine; cependant si M. Dehérain veut bien publier en entier, comme je l'ai fait dans mon mémoire, tous les documents analytiques obtenus dans ses expériences, je m'engage à procéder avec tous les soins désirables à de nouvelles expériences faites avec les graines sur lesquelles il a opéré et à en faire connaître tous les résultats.

Avant de terminer, je veux relever l'accusation que M. Dehérain a lancée contre moi, d'avoir « *un amour de l'Allemagne poussé un peu loin* » (1). C'est une injure que chacun comprendra, et d'autant plus grave qu'elle atteint un jeune homme qui, violemment séparé de la France par la plus malheureuse des guerres, a l'honneur de rester Français par le cœur et l'option ! La science n'a pas de nationalité ! et si je cite des auteurs allemands, je n'en suis pas le plagiaire !

Nancy, le 10 septembre 1875.

Je laisse de côté les aménités de M. Leclerc; elles ne m'atteignent pas, les faits seuls m'intéressent et je veux seulement relever ici la faute flagrante de raisonnement commise par mon contradicteur : M. Leclerc donne pour troisième conclusion de son travail : Le phénomène de l'occlusion du gaz azote n'existe pas, du moins pour l'orge; 4° l'occlusion n'existant pas, il ne peut y avoir de chaleur produite, etc. Ainsi, de ce que l'occlusion n'existe pas pour l'azote dans l'orge, elle n'existe pour aucune autre graine? de ce qu'elle n'existe pas pour l'azote, elle n'existe pas pour l'oxygène? Et cela quand j'ai indiqué une expérience qui démontre qu'il y a dans les graines après la germination infiniment plus de gaz qu'il n'y en avait auparavant.

M. Leclerc sent bien au reste que c'est là le point faible de son argumentation; de là l'embarras qu'il manifeste (page 628) quand il s'agit d'expliquer la présence des gaz dans les graines; de là la sup-

(1) *Annales agronomiques*, t. Ier, 2e fascicule, p. 244.

pression de l'acide carbonique que j'en ai extrait, ce qui m'a forcé à rétablir les chiffres trouvés dans la note de cette même page ; de là enfin le silence qu'il garde sur l'augmentation de volume des gaz extraits des graines après la germination.

M. Leclerc aura beau discuter, il y a un fait incontestable établi par nos travaux : il y a plus de gaz dans les graines germées que dans les graines normales, et comme, d'autre part, le volume du gaz maintenu au contact des graines diminue, j'ai le droit d'affirmer que les gaz pénètrent dans les graines au moment de la germination, d'où découlent toutes les conséquences révoquées en doute par M. A. Leclerc, et que je maintiens absolument.

P.-P, D.

TRAVAUX PUBLIÉS A L'ÉTRANGER.

Technologia rural ou artes chimicas, agricolas e florestas. Relatorio da missão agricola na provincia do Minho (Lisboa, 1871).

POR

JOAO IGNACIO FERREIRA LAPA

Dans cet important ouvrage qui comprend plusieurs volumes de 300 à 600 pages environ, M. Lapa, professeur à l'Institut agronomique de Lisbonne, passe en revue toutes les industries agricoles du Portugal ; il donne un tableau très-complet de leur état actuel et des perfectionnements qui les transforment rapidement : c'est ainsi que la description des procédés d'extraction des huiles d'olive nous fait passer des méthodes primitives qui sont employées encore dans quelques parties du Portugal aux appareils les plus récemment imaginés qui assurent au producteur un rendement notablement plus élevé. L'art du meunier, celui du boulanger, toutes les industries qui utilisent le lait, la préparation du miel et de la cire ; l'utilisation des bois à la fabrication du charbon et de l'acide acétique, l'étude des matières textiles, lin, soie, laine, sont décrits dans deux des volumes de cet ouvrage.

Le dernier qui a été publié récemment est entièrement consacré à la fabrication du vin ou des liquides alcooliques.

M. Lapa étudie d'abord la fermentation alcoolique et il indique avec le plus grand soin toutes les méthodes analytiques que l'ingénieur agricole a intérêt à connaître pour conduire sûrement les fabrications. Ces indications sont moins importantes pour le lecteur étranger que l'étude très-approfondie que fait M. Lapa des vins portugais qui jouissent à juste titre

d'une si grande réputation. M. Lapa suit la fabrication du vin depuis la cueillette des grappes jusqu'à la vente; on sent qu'il est là sur un terrain qui a été l'objet constant de ses études, tous les procédés sont étudiés, tous les soins qu'exige la production sont minutieusement rappelés et les personnes qui s'occupent dans notre pays de cette industrie au moins aussi importante pour la France que pour le Portugal consulteront avec fruit cette partie de l'ouvrage de M. Lapa; ils ne rencontreront pas grande difficulté à le lire, le portugais est une de ces langues latines que les Français entendent aisément, de plus le style de M. Lapa, simple, clair et lucide, facilite beaucoup cette lecture.

La fabrication de la bière, celle du vinaigre, enfin la distillation du vin, des grains, des betteraves, du sorgho, sont encore compris dans ce volume, qui est de beaucoup le plus important des trois. — L'ouvrage se termine par un aperçu général sur la culture de la vigne en Portugal.

M. Lapa ne se contente pas d'instruire ses compatriotes par ses ouvrages, il ne dédaigne pas d'aller porter son enseignement dans les diverses parties du royaume, et la relation de la mission qu'il a accomplie il y a quelques années dans la province de Minho est non-seulement très-instructive pour les lecteurs portugais, auxquels M. Lapa enseigne les méthodes nouvelles propres à augmenter la production agricole de leur douaire, elle l'est aussi pour les lecteurs français, qui y trouvent un tableau très-sincère de l'état actuel de l'agriculture dans ce beau pays, qui a été lent à s'engager dans la voie du progrès, mais qui paraît aujourd'hui y marcher résolûment.

La superficie du royaume de Portugal est de 9 000 000 d'hectares qui se divisent ainsi :

Terres cultivées	2 000 000	d'hectares.
Terres incultes, mais susceptibles d'être mises en culture.	3 000 000	»
Terres incultes non cultivables	3 500 000	»
Villes, etc	500 000	»

M. Lapa n'est pas un courtisan; il ne cherche pas à flatter son auditoire, en lui vantant la prospérité nationale, il n'hésite pas au contraire à lui donner comme exemple les pays étrangers où l'agriculture est arrivée à un développement plus complet qu'en Portugal.

Ce n'est pas tant au reste dans les défrichements, dans la mise en culture des terres encore abandonnées que M. Lapa voudrait engager son pays, c'est surtout dans une meilleure culture des terres qui ne donnent aujourd'hui que de pauvres rendements : le blé ne rend guère que 8 hectolitres à l'hectare, l'olivier que 15 hect. d'huile à l'hectare, la vigne 21 hectolitres; ce sont là en effet des chiffres très-faibles, est-il possible de les augmenter? M. Lapa n'en doute pas, il met sous les yeux de son auditoire les résultats obtenus à l'aide des produits chimiques et il est bien certain que si l'emploi des engrais artificiels n'est pas toujours rémuné-

rateur dans les contrées arrivées déjà à un développement agricole remarquable, dans les pays pauvres au contraire l'effet qu'ils produisent est merveilleux, et M. Lapa a bien raison de pousser ses compatriotes à faire usage des phosphates si communs sur les bords de la *Guadiana* et qui arrivent en grande masse à Lisbonne, à destination de l'Angleterre, et du nitrate de soude du Pérou dont les effets sont si marqués sur les sols encore médiocrement enrichis par les fumures antérieures.

Dans sa seconde conférence M. Lapa a particulièrement appelé l'attention de son auditoire sur les inconvénients que présente le système suivi dans le Minho pour la culture de la vigne. Les ceps sont, dans cette province, plantés dans le voisinage des grands arbres, chênes et châtaigniers, la vigne s'enlace sur le tronc, atteint les branches et s'élève jusqu'à une grande hauteur, habituellement on la laisse se développer presque librement, sans recourir à la taille; il paraît que la production en raisins de cette vigne ainsi largement développée est considérable, mais en revanche la qualité laisse beaucoup à désirer, les raisins sont âpres, peu sucrés, riches en tannin et en acide, ils donnent les vins désignés dans le pays sous le nom de *vins verts;* il semble qu'il soit facile de les améliorer si, d'après le conseil de M. Lapa, tout en conservant le système actuel de culture des vignes hautes attachées aux arbres, on taillait quelque peu les pousses de façon à nouer leurs extrémités sur les branches de l'arbre qui les porte et d'autre part si on vendangeait plus tard.

On rencontre là une difficulté qui existe ailleurs qu'en Portugal; la propriété rurale n'est pas respectée aussi scrupuleusement qu'il le faudrait, et celui qui voudrait attendre que son raisin fût complétement mûr pour le vendanger, courrait le risque de ne pas vendanger du tout. M. Lapa conseille alors d'étendre le raisin sur des claies pour lui donner une plus grande maturité.

Je regrette vivement que le manque de place ne me permette pas d'analyser plus complétement la relation si intéressante de M. Lapa, j'espère cependant que les quelques pages que j'ai consacrées à ses travaux montreront l'intérêt qu'on attache à développer dans sa patrie l'enseignement agricole; c'est une sage tendance et il n'est pas douteux que ce pays si heureusement doué, sagement gouverné par des princes qui ont su acquérir des connaissances dont l'étendue étonne tous ceux qui ont eu l'honneur de les approcher, ne prenne rapidement en Europe une importance plus grande que ne paraît le comporter l'exiguïté de son territoire.

P.-P. D.

Le Gérant : G. MASSON.

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME PREMIER

TABLE

PAR NOMS D'AUTEURS

TABLE

PAR ORDRE DES MATIÈRES

ERRATUM

Page 215, huitième ligne en partant du bas, au lieu de *soluble dans l'alcool*, lisez *insoluble dans l'alcool.*

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2

